Lane Medical Library

Aus dem Physiologischen Institut zu Rostock.

Untersuchungen über die Ernährung des isolierten Säugetierherzens nebst geschichtlichen Studien zur künstlichen Speisung des Herzmuskels.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

in der

Medizin, Chirurgie und Geburtshülfe,

welche

nebst beigefügten Thesen

mit Zustimmung der Hohen Medizinischen Fakultät der Königlichen Universität zu Greifswald

am

Freitag, den 5. August 1898,

Mittags 1 Uhr

öffentlich verteidigen wird

Hans Rusch

aus Osnabrück.

Opponenten:

Herr Dr. med. Gehrke.

Herr Dr. med. Hoffmann.

Greifswald.

Druck von Julius Abel.

1898.

Meiner geliebten Frau

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40154003_0066

Geschichtliche Studien zur künstlichen Speisung des Herzmuskels.

I. Froschherz.

Dass das Herz imstande ist, unter besonders günstigen Umständen seine Thätigkeit noch fortzusetzen, wenn der übrige Organismus seine Lebensfunktionen bereits lange eingestellt hat, war schon den Alten bekannt. Kleanthes (300 v. Chr.) hatte diese Beobachtung zuerst gemacht, und reichlich vier Jahrhunderte später fand Galen, dass die Vorhöfe eine bedeutend grössere Lebensfähigkeit besitzen, als die Herzkammern, und dass am rechten Vorhofe wiederum das rechte Herzohr es ist, das als „ultimum moriens" noch am längsten das entfliehende Leben festhält.

Alexander von Humboldt[1]) beschäftigte sich eingehender mit der Untersuchung des überlebenden Froschherzens und es gelang ihm, ein ausgeschnittenes und nicht mehr schlagendes Froschherz durch Eintauchen in frisches, rotes Froschblut so gut wieder zu beleben, dass es kräftig und frequent zu pulsieren begann und wenn es auch sehr bald ermüdete, so rief doch wiederholtes Eintauchen in Blut stets wieder die rhythmische Schlagfolge des Herzmuskels hervor.

Der wissenschaftlichen genaueren Untersuchung dieser Erscheinungen hatte sich bis in die neueste Zeit die Schwierigkeit entgegengestellt, den isolierten Herzmuskel in einem Ernährungszustande zu erhalten, der es ermöglichte, die Prinzipien der Erhaltung seiner regelmässigen Schlagfolge, seine

[1]) Friedrich Alexander v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. 1797, Bd. 2, pag. 264 ff. — Vgl. auch Haller, Elementa phys. 1757, tom. I, lib. IV, sect. V, §§ XIII, XIV.

Reaktion auf thermische, chemische und elektrische Reize und das Verhalten seiner nervösen Organe eingehend zu studieren.

Ein weites Gebiet für die experimentellen Untersuchungen am überlebenden Froschherzen wurde der physiologischen Wissenschaft erschlossen, als im Jahre 1866 E. Cyon[1]) der unter Anleitung C. Ludwigs arbeitete, einen Apparat angab, vermittelst dessen das ausgeschnittene Froschherz dauernd gespeist und in seiner Thätigkeit genau beobachtet werden konnte.

Cyon, der den Einfluss der Temperaturänderungen auf das Froschherz untersuchen wollte, bediente sich nämlich eines, mit den Gefässen des Froschherzens in Verbindung gebrachten „gläsernen Kreislaufes", in welchen ein kleines Quecksilbermanometer eingeschaltet war, und füllte Röhren und Herz mit Serum, um die Bewegungen des Herzens auf das Manometer zu übertragen.

Nachdem nun einmal eine Methode der Speisung des überlebenden Froschherzens gefunden war, folgte bald hintereinander eine Reihe von Untersuchungen über die Ernährungsbedingungen des Froschherzmuskels, die im Laboratorium Ludwigs von dessen Schülern ausgeführt wurden und neben der fortschreitenden Erkenntnis wichtiger Thatsachen auch eine fast ständige Vervollkommnung dieser Methode zeitigten.

Es liegt natürlich ausserhalb des Rahmens dieser Arbeit, eine Darstellung der einzelnen Modifikationen zu geben, welche die Cyonsche Methode erfahren hat, bis sie zu dem Grade der Vollkommenheit ausgebildet worden ist, wie sie heutzutage im Froschherzmanometer von Kronecker zur Anwendung gelangt; ich begnüge mich damit, auf die einschlägigen Arbeiten von Coats[2]), Bowditch[3]), Luciani[4]),

[1]) E. Cyon, Berichte d. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. Math. phys. Klasse 1866, pag. 256 ff.

[2]) Coats, Berichte d. sächs. Gesellschaft d. Wissensch. Math. phys. Klasse 1869, pag. 362 ff.

[3]) Bowditch, Dies. Ber. 1871, pag. 655 ff.

[4]) Luciani, Dies. Ber. 1873, pag. 11 ff.

Kronecker[1]), Williams[2]) und Langendorff[3]) hinzuweisen. Die ersten Erfahrungen über die Ernährung des Froschherzens und seine Speisung mit Serum (Kaninchen- und Schafserum) sammelte Luciani[4]).

Er fand, dass ein durch Ligatur von den Vorhöfen getrenntes und mit Serum gespeistes Froschherz keine gleichmässige Schlagfolge hatte, sondern in „Gruppen" geordnete Pulsationen zeigte, denen als „Stadium des Anfalls" eine Reihe von schnellen, dann immer seltener werdenden Schlägen voranging und denen vereinzelte, bis zur vollständigen Erschöpfung des Herzens immer schwächer werdende Pulse als „Krise" folgten.

Sobald ein mit Serum gespeistes Herz in Öl getaucht wurde, kontrahierte es sich bedeutend schwächer und langsamer, als wenn es in Serum schlug, ebenso pulsierte es mit frischem Serum kräftiger und frequenter, als mit gebrauchtem. Gesteigerter diastolischer Druck beschleunigte die Ermüdung des Herzens und machte die Pulskurven unregelmässig.

Rossbach[5]) führte die Untersuchungen Lucianis nach bestimmten Richtungen hin weiter fort und sah ebenfalls, dass nach Anwendung centrifugierten, also möglichst blutkörperchenfreien Serums in ausgeprägter Weise eine Gruppenbildung auftrat, dass aber das frische Herz nach seiner Füllung mit sehr rotem Serum oder mit defibriniertem Blut nie eine Spur von einer gruppenweisen Anordnung der Schläge darbot.

[1]) Kronecker, Beiträge z. Anatomie u. Physiol., C. Ludwig als Festgabe gewidmet, Leipzig 1875, pag. 173 ff.

[2]) Williams, Archiv f. experim. Pathol. u. Ther., Bd. 13, 1881, pag. 1 ff.

[3]) Langendorff, Du Bois-Reymonds Archiv f. Physiol., 1884. Supplementbd. Vgl. auch White, Zeitschrift f. Biologie, Bd. 35, N. F. 17, pag. 1 ff. O. Langendorff, Physiologische Graphik, 1891, pag. 169 ff. Santesson, Centralbl. f. Physiol. Bd. 13, No. 8.

[4]) Luciani, a. a. O., pag. 60 ff.

[5]) Rossbach, Ber. d. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. Math.-physik. Klasse 1874; pag. 193 ff.

Frisches, hellrotes Blut unterhielt also die regelmässige Schlagfolge des Herzens, während dasselbe Blut, sobald man es so lange im Herzen verweilen liess, bis es ganz dunkel und venös geworden war, die Gruppenbildung sofort wieder hervorrief.

Das durch 0,6 % Kochsalzlösung bis zum vollkommenen Stillstand gebrachte Herz konnte durch centrifugiertes, blutkörperchenfreies Serum nicht mehr zum Schlagen gebracht werden, begann aber nach Durchleitung von blutreichem Serum sofort regelmässig zu pulsieren. Er konstatierte ferner, dass bei Speisung des Herzens mit 0,6 % Kochsalzlösung die gruppenweise Anordnung der Schläge verschwand, aber „zwischen dem Rhythmus des mit Kochsalzlösung oder mit blutigem Serum arbeitenden Herzens der Unterschied bestand, dass sich die Schläge des ersteren seltener, als die des letzteren folgten."

Eingehende Versuche mit physiologischer Kochsalzlösung führten Merunowicz[1]) zu dem Resultat, dass nach mehrfacher und gründlicher Auswaschung des Herzinnern mit stets erneuter Kochsalzlösung die Herzthätigkeit bis zum absoluten Stillstand herabgesetzt wird. Anfangs zwar nahm nach jeder Erneuerung der Füllung die Höhe der Pulse ein wenig zu, beim letzten Wechsel der Füllung konnte jedoch schon keine Spur einer Pulsation mehr erreicht werden, blutige Kochsalzlösung brachte hingegen das Herz sofort wieder zum Schlagen.

Um die Wirkungen der im Serum enthaltenen Stoffe zu prüfen, verwendete Merunowicz einen einfachen und einen doppelten Alkoholauszug aus Serum mit einer entsprechenden Wassermenge versetzt, sowie Lösungen der veraschten Bestandteile dieser beiden Alkoholauszüge und kommt zu dem Ergebnis, dass zwar nach vollkommenem Erschöpfungs-Stillstande des Herzens die Pulsationen durch diese künstlichen Speisungsflüssigkeiten wieder hervorgerufen werden, dass das Herz aber in Gruppen schlägt und sehr bald ermüdet.

[1]) Merunowicz, Ber. d. sächs. Ges. d. Wissensch. Math.-phys. Klasse 1875; pag. 253 ff.

Weitere Versuche mit 0,6 % Kochsalzlösung, der 0,25 bis 0,5 pro mille Soda zugesetzt war, ergaben, dass diese Versuchsflüssigkeit sich im Ganzen und Grossen ganz analog den ebengenannten verhielt.

Bisher war man in der Behandlung der Frage der Ernährung des Froschherzmuskels über allgemeine Gesichtspunkte nicht weit hinausgekommen, man war schon aufmerksam geworden auf die wichtige Rolle, die der Sauerstoff, speziell die roten Blutkörperchen als vornehmste Träger desselben für eine geordnete und ausgiebige Herzthätigkeit zu haben schienen und man vermutete auch im blutkörperchenfreien Serum noch Faktoren, die entschieden für die Erhaltung des Herzschlages mit von ausschlaggebender Bedeutung waren, aber man war nach keiner Richtung hin zu einem präzisen Resultat gekommen.

Da veröffentlichte Kronecker[1]) fast gleichzeitig mit der Merunowicz'schen Arbeit eine Abhandlung, in der nach gemeinsam mit W. Stirling angestellten Versuchen das Problem der Herzmuskelernährung seiner Lösung wesentlich näher gerückt wurde. Schon die Methode an sich erfuhr durch ihn eine namhafte Vervollkommnung und die Ergebnisse seiner Untersuchungen, wenngleich sie heutzutage auch nicht alle widerspruchslose Geltung behalten haben, sind doch grundlegend gewesen für die weiteren Forschungen auf diesem Gebiete.

Er fand (in Übereinstimmung mit Merunowicz), dass nach Durchleitung von isotonischer Kochsalzlösung durch das Herz der Puls sehr schnell klein wird und das Herz alsbald still steht, durch sauerstoffhaltige Blutflüssigkeit allmählich aber wieder seine Thätigkeit mit ansteigender Kraft aufnimmt, bis es wieder so kräftig schlägt, wie im frischen Zustande.

Es genügen natürlich die geringsten Mengen von Blut, um das ausgeschnittene Herz längere Zeit pulsieren zu lassen und so liess sich die manchmal eintretende, scheinbar er-

[1]) Kronecker a. a. O.

holende Wirkung von Kochsalzlösung dadurch erklären, dass das Herz noch nicht gänzlich von allen restierenden Blutzellen befreit war, sondern diese mit dem kreisenden Strome der Kochsalzlösung dem wenig bedürftigen kleinen Herzmuskel als Nahrung gewissermassen präpariert wurden. Sobald das Herz vollkommen ausgespült war, verlor es alle Kraft zu weiterer Arbeit.

Hieraus zog Kronecker eine Folgerung von einschneidender Bedeutung für die Ernährung des Herzmuskels, dass nämlich das Herz nicht von seinem eigenen Stoffe zehrt, sondern zu seiner Speisung eines immer neu zuströmenden Nährmaterials bedarf, ohne das es seine Leistungen gänzlich einstellen muss.

Am Schlusse seiner Arbeit giebt er eine Zusammenfassung seiner Ansichten und Erfahrungen über dieses Thema, die seinen Schülern als Leitmotiv für neuere Untersuchungen über diese Materie gedient haben und so charakteristisch sind, dass es mir erlaubt sein mag, das Wesentlichste daraus hier wörtlich zu zitieren. „So gering an Masse" schreibt er, „dass ein Verbrauch von Gewebsteilen als Arbeitsmaterial wie ihn manche Physiologen vom Skelettmuskel behaupten — es (das Herz) binnen kurzem aufzehren würde, ist es fast augenblicklich zur Leistung fähig, sobald es gespeist ist, und verwendet die Spannkräfte, welche ihm zur Verfügung gestellt werden, auf die vollkommenste und sparsamste Weise zur Arbeit. Es stellt seine Leistungen gänzlich ein, sobald ihm die Speise entzogen wird, zehrt also nicht vom eigenen Stoffe, erhält sich aber, gut ernährt und nicht misshandelt ohne sich abzunutzen" . . . . . „Unter denselben Bedingungen (Wärme) welche die Umsetzung des Nährstoffes vergrössern, wächst die Beweglichkeit seiner Teile; die äusseren Verhältnisse, welche den Stoffwechsel verzögern, machen es zugleich träger" . . . . „Auch ruhend entzieht das Herz dem seine Wandungen berührenden Inhalte einen Teil von dessen Arbeits-

material und ist daher, ohne Zufuhr, bei Neubeginn seiner Thätigkeit nicht im Vollbesitze seiner Leistungsfähigkeit."

So weit Kronecker. Im Jahre 1878 machte Stiénon[1]) auf Veranlassung Ludwigs eine Reihe von Versuchen, um die verschiedenen Bestandteile des Serum in ihrer Wirkung auf das Herz zu studieren.

Er entfernte zunächst das kohlensaure Natron durch Neutralisation mit einer fixen Säure und konstatierte, dass nach vollkommenem, durch Ausspülung des Herzens mit 0,6 % Kochsalzlösung erreichten Stillstand eine Durchleitung dieses neutralisierten Serum die Herzthätigkeit zwar wieder hervorrief, dass aber die Pulse sehr schwach blieben und die Ermüdung viel rascher eintrat, als mit normalem Serum.

Darauf schaltete er die Eiweissstoffe aus, indem er das Serum sowohl neutralisiert, wie nicht neutralisiert kochte und mit der so gewonnenen eiweissfreien Flüssigkeit das Herz nach vollkommener Erschöpfung durch 0,6 % Kochsalzlösung speiste. Es begann in allen Fällen zwar wieder zu pulsieren, erreichte auch in seinen Ausschlägen dieselbe Höhe, wie mit frischem Serum, ermüdete aber sehr bald.

Ganz ähnlich verhielt sich alkoholischer Auszug des Serum (wie ihn Merunowicz schon angewandt hatte), sowie die Aschen der wässerigen und alkoholischen Extrakte des Serum und eine Mischung von Kochsalzlösung mit $Na_2 CO_3$. Alle brachten das durch Kochsalzlösung erschöpfte und stillstehende Herz wieder zum Schlagen, erreichten aber nur eine geringe Anzahl von Pulsationen. Charakteristisch war, dass eine Aschenlösung, die infolge eingetretenen Stillstandes im Herzen stagnierte, sobald sie herausgenommen, an der Luft geschüttelt, und wieder dem Herzen zugeführt wurde, den Herzschlag von neuem hervorrufen konnte.

---

[1]) Stiénon, Archiv f. Anat. u. Physiol. Phys. Abt. 1879 pag. 263 ff.

Stiénon zog aus seinen Versuchen den Schluss, dass für die Erhaltung einer regelmässigen und kräftigen Pulsation 0,5—0,1% Na_2CO_3 in 0,6% Kochsalzlösung und eine nur im Wasser oder verdünntem Alkokol lösliche organische Verbindung — wahrscheinlich ein Eiweisskörper — ausreichend sei, während den übrigen Bestandteilen des Serum — vielleicht nur mit Ausnahme des Sauerstoffs — keine Bedeutung beigemessen werden könne. Er wies zugleich auf die wichtige Rolle hin, die dem kohlensauren Natron nach einer ganz bestimmten Richtung hin zuzuschreiben sei (— „weil es vielleicht einen Widerstand wegräumt, der dem weiteren Verlaufe des chemischen Prozesses hinderlich ist.“[1]) und legte zuerst den Schluss nahe, ob dieses Alkali nicht vielleicht zur Beseitigung der sich bei der Arbeit stets aufs Neue bildenden Kohlensäure erforderlich und unentbehrlich sei.

Der günstige Einfluss des Alkali auf die Thätigkeit des Froschherzens wurde durch die fast gleichzeitig mit der Stiénon'schen Arbeit veröffentlichten, im physiologischen Institut zu Strassburg angestellten Versuche von Gaule[2]) vollauf bestätigt. Gaule erzielte die kräftigsten Pulse mit einer Lösung, die 0,005 gr Na HO in 100 ccm Kochsalzlösung enthielt und welche zugleich die konzentrierteste Form der Natronhydratlösung darstellt, die das Herz verträgt, ohne zu Grunde zu gehen. Dahingegen ist der höchste Grad der Verdünnung, bei dem eine Wirkung des Alkali noch in die Erscheinung tritt, das Verhältnis von $\frac{1}{2}$ mgr. Alkali zu 100 ccm Kochsalzlösung. „Innerhalb dieser Grenzen ist für ein frisches, nicht ermüdetes, aber durch Kochsalzlösung vollständig entblutetes und beruhigtes Herz die Höhe der Kontraktionen proportional der Menge des zugeführten Alkali[3]).“

[1]) Stiénon, A. a. O. pag. 278.

[2]) Gaule, Archiv für Anat. und Physiol. Phys. Abt. 1878 pag. 291 ff.

[3]) A. a. O. pag. 294.

Gaule benutzte dann bei einem ermüdeten Herzen, das auf erneute Alkalizufuhr nicht mehr reagierte, eine bereits gebrauchte alkalische Durchspülungsflüssigkeit und erzielte dadurch thatsächlich eine Erholung. Er schloss daraus, dass das Herz zu seiner Arbeit ausser dem ihm zugeführten Alkali eine Summe von Kräften verbrauche, die es in seiner eigenen Substanz besitzt, und die es allmählich verzehrt.

Dem gegenüber wies jedoch Kroneckers Schüler Martius[1]) in einer sehr eingehenden und verdienstvollen Arbeit nach, dass der Herzmuskel des Frosches niemals auf Kosten seiner eigenen Substanz Arbeit leisten könne, dass bei den Gaule'schen Versuchen mit Alkali das Blut aus den kapillaren Spalten des Herzens offenbar nicht genügend ausgewaschen war und dass die Alkaliwirkung wahrscheinlich auf eine Ausnutzung der im Herzen zurückgebliebenen Blutzellen zu beziehen sei.

Er machte darauf aufmerksam, dass dem Alkali die wichtige Funktion zufällt, die infolge der Muskelarbeit produzierte Kohlensäure zu beseitigen und dem Herzen so ein schädliches Stoffwechselprodukt abzunehmen, das es in seiner Thätigkeit hemmt und zur Erstickung und zum Stillstand bringt.

Mc. Guire[2]) hatte nämlich unter Kroneckers Leitung bereits festgestellt, dass zwar entgastes Serum und entgastes Blut kräftige Pulsationen unterhalten und auch Kohlenoxyd-Blut die erholende Eigenschaft des Blutes nicht beeinträchtigt, dass aber asphyktisches Blut ungeeignet ist, das Herz schlagfähig zu erhalten, und schon geringe Mengen von Erstickungsblut genügen, um den Herzschlag merklich zu schwächen.

Saltet[3]) bestätigte diese Beobachtungen und betonte aus-

[1]) Martius, Archiv für Anat. und Physiol. Phys. Abt. 1882 pag. 548 ff.

[2]) Mc. Guire, Verhandl. d. physiolog. Gesellsch. zu Berlin 1878 pag. 56 ff.

[3]) Saltet, Dies. Verhandl. 1882, pag. 567 ff.

drücklich, dass ein asphyktisches Herz sich durch Ruhe nicht erholen kann, wenn der Kohlensäure nicht ein Abfluss verschafft wird.

Ausführliche Speisungsversuche des erschöpften Herzens mit verschiedenen Nährflüssigkeiten führten Martius dann weiterhin zu der präzisen Schlussfolgerung, „dass nur den serumalbuminhaltigen Flüssigkeiten (Blut, Serum, Lymphe) nach seinen Erfahrungen die Fähigkeit eigne, das Herz zu ernähren, d. h. zur Arbeit zu befähigen".[1]) Pepton, Syntonin, Eiereiweiss, Kaseïn der Milch, Myosin und Glykogen ergaben sämmtlich ein negatives Resultat.

Dem gegenüber erzielte aber Ringer[2]) mit Eiereiweiss ausgezeichnete Erfolge, sobald er der Lösung bestimmte Salze hinzufügte. Er hatte nämlich nach vielem Experimentieren eine anorganische Speisungsflüssigkeit für das Herz zusammengestellt[3]) die auf 1000 gr. destillierten Wassers 0,1 gr. $NaHCO_3$, 0,1 gr. $CaCl_2$ und 0,075 KCl enthielt, und sich befähigt zeigte, den Herzschlag mehrere Stunden lang kräftig und frequent zu erhalten. So relativ gut sich übrigens diese Lösung bewährte, so konstatierte Ringer doch, dass schon die geringsten Mengen von Serum oder Blut dieser anorganischen Salzlösung hinzugefügt, dem Herzschlage eine unverhältnismässige Kraft und Dauer zu verleihen imstande sind.

Auch Milch einer einfachen isotonischen Kochsalzlösung in grösserer Quantität hinzugefügt, zeigte sich ganz geeignet, den Herzschlag auf längere Dauer gut zu unterhalten; wurde jedoch die obenerwähnte anorganische Flüssigkeit benutzt, so genügten schon ganz geringe Mengen von Milch, um dieselbe Wirkung hervorzurufen. Ringer setzte diesen Erfolg mit kochsalzhaltiger Milch hauptsächlich auf Kosten der verschiedenen, in der

[1]) Martius, A. a. O. pag. 562.

[2]) Ringer, Journal of physiology vol. VI. 1885, pag. 371; vol. III, pag. 80—82.

[3]) Ringer, A. a. O. vol. VI, pag. 376 ff. vol. III pag. 380 ff.

Milch enthaltenen Salze, während nach von Ott[1]) die belebende Kraft der Milch nur von dem in ihr enthaltenen Serumalbumin herrührt, das auch in kleinster Menge seine ernährende Wirkung noch deutlich zur Erscheinung bringt.

Übrigens machte Ringer darauf aufmerksam[2]) dass grosser Wert auf die Reinheit des zur Herstellung künstlicher Speisungsflüssigkeiten verwendeten destillierten Wassers zu legen sei; hauptsächlich sind es nach späteren Untersuchungen Lockes,[3]) die Beimengungen von Schwermetallen und namentlich Kupfer, die nicht nur schädigend, sondern direkt vergiftend wirken können.

Über die Frage, welcher Einfluss auf die Thätigkeit des Herzens dem Sauerstoff beizumessen sei, liegen ganz entsprechende Beobachtungen vor.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass Mc. Guire mit entgastem Blut und entgastem Serum, sowie Kohlenoxydblut gute Erfolge erzielt hatte und infolge dessen annehmen zu können glaubte, dass der Sauerstoffgehalt der Speisungsflüssigkeiten für das Herz gleichgültig sei.

S. Handler[4]) stellte unter Kroneckers Leitung neue Untersuchungen über den Sauerstoffverbrauch im Froschherzen an und kam zu dem Schlusse, dass die Zehrung des Sauerstoffs in keinem Zusammenhange mit der Leistung des Herzens stehe.

Dagegen war sowohl aus Versuchen älterer Autoren, als auch aus solchen von Klug[5]) hervorgegangen, dass sauerstoffreiches Blut viel energischer die Pulsationen zu unterhalten vermag, als Serum, dass ferner Sauerstoffmangel, noch mehr

---

[1]) von Ott, Archiv für Anat. u. Physiologie, Physiol. Abt. 1883 pag. 23 ff.

[2]) Ringer, A. a. O. vol. IV, 1883, pag. 29 ff.

[3]) Locke, Journal of physiology. vol. XVIII 1895, pag. 319 ff.

[4]) S. Handler, Zeitschrift f. Biologie, Bd. 26, pag. 233 fi.

[5]) Klug, Du Bois-Reymonds Archiv f. Physiol. 1879, pag. 465.

aber Kohlensäureanhäufung im Blute die Aktionsfähigkeit des Froschherzmuskels lähmt und Yeo[1]) fand, dass der Verbrauch des Sauerstoffs im arbeitenden Herzmuskel ein bedeutend grösserer ist, als im ruhenden und dass das Herz ohne Sauerstoffzufuhr nur in unvollkommener Weise funktionieren kann.

Ich benutze diese Gelegenheit, um einer älteren Arbeit von Castell[2]) Erwähnung zu thun, in der das Verhalten des Froschherzens in verschiedenen Gasarten untersucht worden ist. Castell konnte sich überzeugen, dass bei einem ausgeschnittenen Froschherzen, das in reines Sauerstoffgas gebracht worden war, die Kontraktionen sehr schnell auf einander folgten und von grosser Heftigkeit waren; die Pulsationen erhielten sich mehrere Stunden lang auf gleicher Höhe und hörten durchschnittlich erst nach 12 Stunden ganz auf, ein Erfolg, der mit anderen Gasarten auch nicht im entferntesten erreicht wurde.

Durch ganz ähnliche Versuche hatte übrigens bereits früher A. v. Humboldt[3]) festgestellt, dass ein ausgeschnittenes, bis zum Stillstand erschöpftes Froschherz für mehrere Stunden kräftig und frequent schlug, sobald es in eine Sauerstoffathmosphäre gehängt worden war.

Im Jahre 1885 gab Langendorff[4]) in seinen Studien über Rhythmik und Automatie des Froschherzens sehr wertvolle Beiträge zur Kenntnis der Ernährungsbedingungen des Herzmuskels; er bediente sich zur graphischen Aufzeichnung der Herzthätigkeit bei seinen Versuchen eines, durch die Spitze des Herzmuskels geführten und vermittelst eines Fadens mit dem Schreibhebel in Verbindung stehenden feinen Häkchens, wodurch er eine sehr genaue und präzise Registrierung der feinsten Herzbewegungen erreichte.

[1]) Yeo, Jornal of physiology, vol. VI, pag 93 ff.

[2]) Castell, Du Bois-Reymonds Archiv f. Phys. 1854 pag. 226 ff.

[3]) A. v. Humboldt, A. a. O., pag. 272 ff.

[4]) Langendorff, Du Bois-Reymonds Archiv 1884, Supplementband.

Die Beobachtung, dass manchmal spontane Pulsationen der abgeklemmten Herzspitze eintraten, wenn die Aussenfläche des Herzmuskels längere Zeit mit verdünnter Salzsäurelösung gereizt worden war, legte bei ihm den Gedanken nahe, dass ein Teil der Säure resorbiert sein konnte, und daher als dauernder Reiz weiterwirke. Ein neuer Versuch am kurarisierten Frosch bestätigte denn auch, dass Salzsäurelösung enthaltendes Blut lebhafte, stundenlang anhaltende Pulsationen der Herzspitze hervorrief. Es giebt also Agentien, die, ohne ernährend zu wirken, einen solchen Reiz auf das Herz auszuüben imstande sind, dass sie es zu dauerndem Pulsieren bringen, das freilich, wie Langendorff hervorhebt, nicht ganz den normalen Charakter zeigt.

Wärme rief immer eine Steigerung der Pulsfrequenz hervor, während Kälte die Herzthätigkeit bedeutend verlangsamte.

Perfusionen des Froschherzens in situ ergaben mit verschiedenen anorganischen Salzlösungen sämtlich negatives Resultat; ebenso schlug die mit serumalbuminhaltiger Flüssigkeit gefüllte Herzspitze nur nach Steigerung des Druckes. Dagegen pulsierte die Herzspitze ohne Anwendung mechanischer Reize mit Säugetierblut, woraus Langendorff schloss, „dass das fremde Blut als chemischer Reiz auf den Herzmuskel des Frosches einwirkt.“ Der mit ersticktem Blute gefüllte Ventrikel zeigte ausgeprägte Gruppenbildung, während hellrotes, frisches Blut den rhythmischen Schlag des Herzens wiederherstellte: die Gruppenbildung ist also eine Folge und ein Zeichen der Erstickung des Herzens.

Durch die Untersuchungen von Heffter[1]) wurden die Angaben Langendorffs über die Reizwirkungen von Speisungsflüssigkeiten vollauf bestätigt; jede Veränderung der Ernährung wirkt nach ihm wie ein Reiz auf das Herz, entweder be-

[1]) Heffter, Archiv f. eyperiment. Pathol. und Pharmakol. Bd. 29, 1892, pag. 41 ff.

schleunigend oder hemmend. Erst wenn sich das Herz an die veränderte Nährflüssigkeit gewöhnt hat, wenn längere Zeit Frequenz und Grösse des Ausschlages konstant geblieben sind, darf man aus den Resultaten einen Schluss auf die Qualität der Versuchsflüssigkeit ziehen.

Stärkere Verdünnungen des zur Speisung benutzten Blutes beeinträchtigen seine Wirkung durchaus nicht. Serum, lackfarbenes Blut und rote Blutkörperchen in Kochsalzlösung suspendiert, leisten nicht die gleiche Arbeit wie Blut, sondern lassen die Pulse bald kleiner werden.

Dagegen bewähren sich Blutkörperchen in viskösem Medium (Gummilösung, Eiereiweiss) ganz vorzüglich zur Unterhaltung dauernder und kräftiger Pulsationen; die physikalischen Eigenschaften der künstlichen Speisungsflüssigkeiten müssen sich also denen des Serum, bezw. des Blutes nähern.

Heffter schliesst im übrigen aus seinen Versuchen, „dass es die roten Blutkörperchen sind,[1]) die vorzugsweise das Herz zur Arbeit befähigen und dass zur vollkommenen Funktion Sauerstoff ein unbedingtes notwendiges Erfordernis ist."

Albanese[2]) benutzte eine 2prozentige Gummilösung mit $0{,}6^0{}_0$ Kochsalz nebst Spuren von kohlensaurem Natron und erreichte damit sehr gute Resultate. Er stimmt in der Forderung einer bestimmten Viskosität der Speisungsflüssigkeit mit Heffter überein, ersetzt aber die Funktion der roten Blutkörperchen als Sauerstoffträger durch einfache Sättigung der alkalischen, isotonischen Flüssigkeit mit Sauerstoff.

Öhrn[3]) stellte dann mit dieser Albaneseschen Lösung

---

[1]) Es sei an dieser Stelle eingeschaltet, dass Heubel (Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 45, 1889 pag 461 ff) das auf die verschiedenste Weise künstlich starrgemachte Herz durch Wiederherstellung der Blutzirkulation wieder zum Schlagen brachte.

[2]) Albanese, Archiv f. experim. Pathol. u. Pharm. Bd. 32, 1893 pag. 297 ff.

[3]) Öhrn, dieses Archiv, Bd. 34, pag. 29 ff.

unter Zuleitung von Sauerstoff weitere Versuche an, erzielte auch ganz gute Resultate und glaubt daher, dass dieser Gummilösung der Charakter einer wirklichen Nährflüssigkeit für das Herz beizumessen sei.

Einen neuen Beitrag zur Beurteilung dieser Frage lieferte Locke,[1]) indem er konstatierte, dass die Albanesesche Flüssigkeit ihre Wirkung verliert, sobald ihr der Kalkgehalt in Form des arabinsauren Salzes entzogen ist, ein Resultat, das übrigens schon früher von Albanese gegenüber Einwendungen dieser Art nicht anerkannt wurde, indem er behauptete, dass auch ohne Kalkgehalt seine Speisungsflüssigkeit den Herzschlag unterhalte, da nicht der Kalk, sondern die Viskosität das entscheidende Moment bei der Wirkung der Gummilösung darstelle. Locke selbst hatte ausgezeichnete Erfolge mit der von Ringer angegebenen Speisungsflüssigkeit, die er unwesentlich modifiziert hatte.

In vollkommener Übereinstimmung hiermit fand White[2]) dass die Ringersche Lösung in hohem Grade erholend auf das durch Kochsalzlösung erschöpfte Herz wirkt, und dass die Pulse nicht nur sehr bald kräftiger werden, sondern auch nahezu denen des frischen Herzens gleichkommen. Er glaubt aber trotzdem in seiner früheren Arbeit[3]) bewiesen zu haben, „dass die von Kroneckers Mitarbeitern gewonnenen Anschauungen“ (dass Serumalbumin zur Speisung des Herzens unerlässlich sei) „richtig sind.“

Nach Abschluss dieser Übersicht wurde mir noch eine neue, soeben erschienene Arbeit von Hjalmar Öhrwall[4]) zugänglich, die sich mit der Untersuchung und Erklärung der sogenannten Lucianischen Perioden des Herzens beschäftigt.

---

[1]) Locke, Journal of physiology, vol XVIII 1895, pag. 332 ff.
[2]) White A. a. O. pag. 6.
[3]) White, Journal of physiology vol XIX. pag. 344.
[4]) Öhrwall, Skandinavisches Archiv f. Physiologie 1898.

Öhrwall kommt auf Grund neuer experimenteller Untersuchungen zu einer neuen Theorie der Periodik, dass nämlich der Erstickungsverlauf einerseits auf der Abnahme der Stärke und Frequenz der Reizimpulse, anderseits auf der Steigerung der Reizbarkeit der Muskulatur und ihrer Beeinflussung durch Ruhe und Arbeit beruht.

II. Säugetierherz.

In der Erkenntnis der spezifischen Ernährungsbedingungen des Säugetierherzmuskels steht man trotz der ausserordentlichen Wichtigkeit dieser Materie bisher noch in den ersten Anfängen.

Der Grund für diese auffällige Erscheinung liegt in der anatomischen Verschiedenheit des Säugetierherzens gegenüber dem Froschherzen und der daraus resultierenden Schwierigkeit, den Herzmuskel des Säugetieres vermittelst Durchleitung einer Speisungsflüssigkeit durch die Coronargefässe dauernd zu ernähren.

Es haben sich daher auch die meisten Autoren darauf beschränkt, die Kranzgefässe in ihrer Gesamtheit oder teilweise zu verschliessen[1]) und den Einfluss einer solchen Ausschaltung auf die Herzaktion zu untersuchen.

Die ersten eingehenden Studien über dieses Thema am Kaninchenherzen führten v. Bezold[2]) zu der Beobachtung,

[1]) Der erste experimentelle Verschluss der Kranzarterien stammt von Chirac:

> Sed in cane ligata arteria coronaria et intercepto penitus motu trusionis non protinus deficit cordis motus; quin etiam perseverat ad septuaginta usque horae minuta et ultra. P. Chirac, De motu cordis, adversaria analytica 1698, pag. 121. (Ich citiere nach Sée, Bochefontaine et Roussy.)

[2]) v. Bezold, Untersuchungen a. d. physiolog. Laborat. i. Würzburg 1867 pag. 256 ff. Vergl. auch: Panum, Virchows Archiv Bd. 25, 1862 pag. 308 ff. Virchow, gesammelte Abhandl. pag. 297 ff.

dass der Charakter der Pulsation sich von der Abklemmung der Coronararterien in der Weise beeinflusst zeigte, dass der linke Ventrikel nach wenigen Minuten erst langsamer pulsierte, dann wogte, während der rechte und die Vorhöfe noch weiterschlugen. Nach Lösung der Abklemmung erholte sich das Herz wieder vollständig und gewann seine regelmässige und kräftige Schlagfolge wieder.

Die Erhöhung des intrakardialen Blutdruckes bewirkte gleich nach Verschluss der ernährenden Kranzgefässe eine Beschleunigung der Herzthätigkeit; bei längerer Dauer der Ernährungsstörung in der Ventrikelwandung brachte jedoch die intraventrikuläre Blutspannung Verlangsamung und schliesslich Stillstand hervor, „erregte also“, wie v. Bezold sagt, „reflektorisch die Hemmungsorgane stärker, als die muskulomotorischen“.

Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg[1]) bestätigten im allgemeinen durch Untersuchungen am Hundeherzen die von v. Bezold beschriebene Wirkung des Verschlusses der Kranzarterien; nach einer Minute wurde der Ventrikelpuls unregelmässig und verlangsamt; durchschnittlich 105 Sekunden nach Anlegung der Ligatur blieben beide Ventrikel ungefähr 10—20 Sek. in Diastole stehen und begannen darauf sehr lebhaft zu wogen, bis sie sich nach 40—60 Sek. zu vollständigem Stillstand beruhigten. Es gelang aber im Gegensatz zu den v. Bezold'schen Experimenten, die auch von Samuelsohn[2]) bestätigt waren, niemals, nach Abnahme der Ligatur den Herzschlag in dem stehengebliebenen Herzen wieder hervorzurufen. Die Vorhöfe schlugen während der ganzen Dauer des Versuches zwar etwas langsamer als anfangs, aber kräftig und regelmässig.

---

[1]) Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg, Archiv f. pathol. Anat. Bd. 85, 1881, pag. 503 ff.

[2]) Samuelsohn, Archiv f. pathol. Anat. Bd. 86, 1881, pag. 539 ff.

Diese Erscheinungen erklärten sich Cohnheim und v. Schulthess-Rechberg durch den Einfluss eines im arbeitenden Herzmuskel entstehenden, lähmend wirkenden Stoffwechselproduktes, das infolge der unterbrochenen Blutzirkulation nicht eliminiert werden könne. Welcher Art dieses Stoffwechselprodukt ist, vermochten sie jedoch nicht zu unterscheiden; aus ihren Abklemmungsversuchen an den Coronarvenen war ganz übereinstimmend mit den v. Bezold-Breymannschen[1]) hervorgegangen, dass trotz sehr starker nervöser Stauung die Herzaktion länger als eine halbe Stunde bei unverändertem Rythmus, Frequenz und Qualität des Pulses andauerte und vielleicht noch länger angedauert haben würde, wenn sie den Versuch nicht abgebrochen hätten: die Kohlensäure konnte es demnach also jedenfalls nicht sein, der die konstatierte deletäre Wirkung zuzuschreiben wäre.

G. Sée, Bochefontaine und Roussy[2]) wiederholten die Unterbindung der Conorararterien an kurarisierten Hunden und erhielten denselben charakterischen Erfolg, der oben ausführlich beschrieben ist. Auch ohne Anlegung einer Ligatur konnten sie dasselbe Ziel erreichen durch Injektion von Lykopodiumsamen in einen Ast der vorderen Kranzarterie: nach 1½ 2 Minuten zeigte sich prompt die Wirkung des Verschlusses.

Im Widerspruch mit diesen Beobachtungen haben übrigens Fenoglio und Drogoul[3]) mitgeteilt, dass das Bild des Kranzarterienverschlusses beim Hunde durchaus nicht immer in der angegebenen typischen Weise verläuft, sondern sich in den einzelnen Versuchen doch verschieden gestalten kann.

[1]) v. Bezold und Breymann, Untersuchungen a. d. physiol. Laborat. in Würzburg 1867 pag 288 ff.

[2]) G. Sée, Bochefontaine et Roussy, comptes rendus hebd. des séances de l'acad. des sciences 1881, pag. 86.

[3]) Fenoglio et Drogoul, Arch. ital. de biolog. tom. IX, 1888 pag. 49 ff.

Hierher gehört auch der Versuch Tigerstedts[1]) (citiert nach dessen Physiologie des Kreislaufs), bei dem am Kaninchenherzen die Vorhöfe durch das Atriotom abgeklemmt waren und dadurch die Blutströmung in den Kranzarterien aufgehoben wurde. Das Atriotom lag 5 Minuten lang, und nach ihrer Entfernung begann das Herz wieder zu schlagen.

Newell-Martin und Sedwick[2]), die den Blutdruck und den Charakter der Blutwelle in den Kranzgefässen des Herzens studierten, machten übrigens bei dieser Gelegenheit die Erfahrung, dass jede Verletzung und Schädigung der die Kranzarterien bedeckenden feinen Muskelschicht einen ausserordentlich ungünstigen Einfluss auf das Herz ausübt und meistens Flimmern hervorruft, wodurch sich vielleicht ein Teil der früheren Beobachtungen zwanglos erklären liesse.

Alle diese Untersuchungen hielten sich, wie man sieht, in einem sehr engen Rahmen und waren nicht imstande, die Erkenntnis der wesentlichen Ernährungsbedingungen des Säugetierherzens in dem Masse zu fördern, wie das beim Froschherzen dank der Ausbildung einer brauchbaren Methode bereits seit zwei Dezennien geschehen konnte.

Inzwischen war jedoch der erste Versuch zur Entwicklung einer experimentellen Methode von Newell-Martin[3]) gemacht worden; das Verfahren erwies sich aber nicht als ausreichend für alle Untersuchungen betreffs der Herzmuskelernährung und wurde dann noch von ihm mehrfach geändert.

---

[1]) Tigerstedt, Skandinavisches Archiv f. Physiol. Bd. 2. 1890 pag. 395.

[2]) Martin and Seggwick, Journal of physiology vol. III, 1880—82 pag. 165 ff.

[3]) Newell Martin, Stud. from the Biol. Laborat. of the John Hopkins Univers. vol II, 1881 pag. 119; 1882 pag. 213. — Physiol, papers, Baltimore 1895 pag. 1 ff. — Philosophic. transact. vol CLXXIV 1883 pag. 663. — Phys. pap. pag. 40 ff. — Martin and Applegarth, Stud. from the Biol. Lab. of the J. H. Univ. vol IV 1890 pag. 275, Martin, Physiol. pap. pag. 97 ff. (Citiert nach Hedbom (s. u.).)

Die neueste Methode Newell-Martins bestand darin, dass er alle Äste der Aorta, mit Ausnahme der Coronararterien, sowie die beiden venae cavae unterband, und in den Aortenbogen eine Kanüle mit drei Seitenästen einsetzte. Durch den einen Ast dieser Kanüle strömte das Blut aus einer Mariotteschen Flasche in der Richtung gegen das Herz, verschloss durch seinen Druck die Aortenklappen und gelangte in die Kranzarterien; die Kranzvenen führten es in das rechte Herz und von dort gelangte es durch die Lungengefässe in das linke Herz. Der zweite Seitenast der Kanüle enthielt ein Thermometer und durch den dritten strömte das Blut wieder aus.

Diese Methode wurde von Mc. Grath und Kennedy[1]) noch in der Weise vervollständigt, dass sie durch Manometer den Druck in der Aorta, sowie in den Ventrikeln massen, und durch eine besondere Vorrichtung die Menge des aus der Lungenarterie ausströmenden Blutes bestimmten.

Tschistowitsch[2]) speiste das Herz in der Weise, dass er das Blut aus einem Reservoir in die vena cava super., den rechten Vorhof und die rechte Kammer strömen liess und dann aus der art. pulmonalis direkt in die linke Kammer und durch die aorta art. anonyma und subclavia wieder in das Reservoir zurückleitete. Alle anderen Blutwege waren durch Unterbindung abgesperrt.

Man sieht, dass Tschistowitsch einen grossen Aufwand an Präparation braucht, um das Herz für die Durchströmung bereit zu machen, und ebenso erfordert das neue Newell-Martinsche Verfahren eine Reihe von Unterbindungen, durch welche die Vorbereitung des Herzens zum Versuch sich immerhin ziemlich kompliziert.

Es ist erst meinem hochverehrten Lehrer O. Langen-

[1]) Mc. Grath and Kennedy, Journal of exp. medic. Bd. II, 1897 pag. 13—34 (nach Hedbom).

[2]) Tschitowitsch, Centralblatt f. Physiol. 1887 pag. 133 ff.

dorff[1]) vorbehalten gewesen, eine denkbar einfache Methode der dauernden Speisung des isolierten Säugetierherzens anzugeben, die wegen ihrer ausserordentlichen Bequemlichkeit die Grundlage für die meisten neuen Forschungen auf diesem Gebiete geben dürfte.

Das Prinzip dieser Methode (die von Langendorff übrigens ohne Kenntnis der neuen Arbeiten Newell-Martins ausführlich beschrieben wurde) besteht darin, dass aus einem im erwärmten Wasserbade befindlichen Flaschensystem die Speisungsflüssigkeit unter dem nötigen Drucke durch eine in die Aorta eingebundene Kanüle rückläufig dem Herzen und durch den Verschluss der Aortenklappen den Coronargefässen dauernd zugeführt wird. Die verbrauchte Speisungsflüssigkeit strömt aus den Coronarvenen in den rechten Vorhof und wird von hier bei jeder Systole hinausgetrieben und in einem untenstehenden Gefässe aufgefangen. Das Herz selbst befindet sich in einer, ebenfalls vom Wasserbade umgebenen Wärmkammer und steht durch ein feines, in seine Spitze eingeführtes Häkchen[2]) vermittelst eines Fadens mit einer Luftkapsel und durch diese mit einem Schreibapparat in Verbindung.

In dem reichen, mit dieser neuen Methode gesammelten Material der beiden Langendorffschen Arbeiten findet sich auch eine Reihe von Beobachtungen über die Ernährungsbedingungen des Herzmuskels, die hier näher besprochen werden müssen.

Nachdem man sich so vielfach mit dem Verschlusse der Kranzgefässe und seiner Wirkung beschäftigt hatte, war es

[1]) O. Langendorff, Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol. Bd. 61 1895, pag. 291 ff. — Dies Archiv Bd. 66, 1897, pag. 355.

[2]) Ich erinnere bei dieser Gelegenheit daran, dass die erste graphische Registrierung der Schlagfolge des Säugetierherzens (in situ) von Ludwig (Ludwig und Hoffa, Henle-Pfeufers Zeitschrift f. rat. Medizin Bd. 9, 1850, pag. 107 ff.) in der Weise ausgeführt wurde, dass die Bewegungen des auf einer Unterlage leicht befestigten Herzens vermittelst eines aufliegenden Fühlhebels aufgenommen und auf den Schreibstift übertragen wurden.

natürlich von hohem Interesse, zu konstatieren, wie sich bei einem normal gespeisten Herzen die Abstellung des Blutstromes bemerkbar machen würde. Es stellte sich heraus, dass im Gegensatz zu den meisten früheren Mitteilungen über Kranzarterienverschluss kein Wogen eintrat, sondern das Herz seine Thätigkeit sehr schnell einstellte und dann nicht mehr zum Schlagen zu bringen war.

Die Wirkungen hoher und niedriger Temperaturen äusserten sich in der Weise, dass Wärme die Anzahl der Schläge vermehrte, Kälte dieselbe verringerte; die Dauer der einzelnen Pulse wurde durch hohe Temperatur abgekürzt, durch niedrige verlängert. Die Höhe der Ausschläge wuchs bis zu einem gewissen Maximum mit zunehmender Ernährung; jenseits des Optimum, (das unterhalb der normalen Körpertemperatur liegt) wurde die Höhe wieder geringer. Ebenso wie das Froschherz liess sich das Säugetierherz mit isotonischer Kochsalzlösung bis zum vollkommenen Stillstand erschöpfen, durch Speisung mit Blut aber wieder beleben.

Mit geringen Änderungen (namentlich in Bezug auf die Druckregulierung) benutzte neuerdings Hedbom[1]) die Langendorffsche Methode, um die Einwirkung verschiedener Gifte und anderer Stoffe auf das isolierte Säugetierherz zu studieren und fand, dass das Brown Séquardsche Testikelextrakt, ferner Extrakte der Nebenniere, der hypophysis cerebri, der Submaxillardrüse und der Milz, mit Glycerin-Kochsalzlösung bereitet, und dem Blute zugesetzt, sämtlich eine kräftig erregende Wirkung auf das Herz haben.

Ein neues Verfahren, das isolierte Säugetierherz zu speisen, hat jüngst Porter[2]) angegeben: er befestigte eine Kanüle, die zu einem kleinen Blutreservoir führte, im rechten Herzohr, band dann in die Lungenarterie und in die Aorta ebenfalls

[1]) Hedbom, Skandinav. Archiv f. Physiol. Bd. 8, 1898 pag. 147 ff.

[2]) Porter, Journal of the Boston Society of Med. Sciences vol. II May 1898 pag. 201. (Vorläufige Mitteilung).

Kanülen ein, die mit Glastuben verbunden waren, welche über das Blutreservoir hinaufstiegen und zurückkehrend ihren Inhalt in dasselbe entleerten. Alle Herzgefässe, mit Ausnahme der genannten, wurden unterbunden. Der Herzmuskel erhielt so seine Nahrung durch die venula Tebesii und die Coronarvenen; ein kleiner Teil des Blutes fand seinen Weg durch die foramina Thebesii in das linke Herzohr und den linken Ventrikel, von wo es durch die Aorta in das Reservoir gepumpt wurde.

Porter liess das Herz in einer Sauerstoffathmosphäre schlagen und fand, dass diese einen sehr günstigen Einfluss auf dasselbe ausübte: es schlug vom Morgen bis zum Spätnachmittage und die Pulsationen blieben auch bei Zimmertemperatur noch sehr kräftig. Er speiste dann das unter einer Sauerstoffspannung von 2 Kilogramm pro □cm befindliche Herz mit Serum und sah, dass das Säugetierherz unter diesen Umständen auch mit blutkörperchenfreiem Serum kräftig und regelmässig schlug.

Es sei bei dieser Gelegenheit hervorgehoben, dass die im zweiten Teile dieser Arbeit zu besprechenden Versuche mit Serum bereits vollständig abgeschlossen waren, als diese Porterschen Mitteilungen eintrafen.[1])

In einer soeben erschienenen Abhandlung giebt Hering[2]) eine neue Methode zur Isolierung des Herz-Lungen-Coronarkreislaufes an, die darin besteht, dass nach Einbindung einer U-förmigen Glaskanüle in das zentrale Ende der einen Carotis und der gleichseitigen Jugularis in bestimmter Reihenfolge die Aorta und Arteria subclavia dextra und sinistra abgebunden

[1]) Während diese Arbeit dem Drucke übergeben wurde, erschien die ausführliche Arbeit von Porter; ich muss mich darauf beschränken, sie hier nur anzuführen: W. T. Porter A new method for the study of the isolated mammalian heart (American Journal of Physiology vol I 1898, Nr. IV). vol.

[2]) Hering, Archiv f. d. gesamte Physiologie 1898, Bd. 72 pag. 163 ff.

werden, während mit der anderen carotis ein Manometer in Verbindung gesetzt wird.

Der Verfasser hat diese Methode zu verschiedenen Untersuchungen über Frequenz und Rhythmicität, sowie über den Einfluss der Drucksteigerung und dergl. benutzt, aber mit der Frage der Ernährung des Herzmuskels speziell sich nicht beschäftigt.

Untersuchungen
über die Ernährung des isolierten Herzmuskels.

Einleitung.

Dass Blut befähigt ist, die Thätigkeit des isolierten Herzens auch auf längere Dauer zu unterhalten, ist bekannt; aber Blut ist eine kompliziert zusammengesetzte Flüssigkeit, deren verschiedenen Bestandteilen ein mehr oder minder wichtiger Einfluss auf die Schlagfolge des Herzens zukommt. Man hat deshalb bei den Studien über künstliche Speisung des Froschherzens schon lange versucht, die Bedeutung der einzelnen Bestandteile des Blutes für die Ernährung des Herzmuskels klarzustellen, aber man ist zu vollkommen abschliessenden Resultaten noch nicht gekommen.

Die Ernährungsbedingungen des isolierten Säugetierherzens sind bisher überhaupt noch nicht Gegenstand der Untersuchung gewesen,[1]) es konnte daher nicht in meiner Absicht liegen, durch diese, gewissermassen einleitenden, Untersuchungen den Einfluss der einzelnen Bestandteile des Blutes auf die Ernährung des überlebenden Säugetierherzens klarzulegen; vielmehr habe ich mich darauf beschränkt, die Wirkung verschiedener Flüssigkeiten zu studieren, die auch zur Speisung des Froschherzens benutzt worden sind.

Zunächst interessierte hier am meisten das Serum, sodann untersuchte ich den Einfluss der, auf einen Salzgehalt von $0{,}8\,\%$ gebrachten anorganischen Salzlösung von Ringer auf das Herz, studierte darauf das Verhalten des Herzens zu lackfarbenem Blut, in dem die roten Blutkörperchen zerstört sind, und fügte schliesslich einige Versuche mit entgastem Blut hinzu, um zu konstatieren, wie sich das Herz bei mangelndem Sauerstoff verhalten würde.

Ausserdem verwendete ich noch zu Speisungsversuchen die Albanesesche Flüssigkeit (mit $0{,}8\,\%$ Salzgehalt); ich habe diese Untersuchungen jedoch nicht so weit abgeschlossen, um zu einem greifbaren Resultat gelangt zu sein.

[1]) Vergl. Anm. 1 auf Seite 25.

I. Die Versuchsmethode.

Zum Verständnis der nachfolgenden Angaben wird eine genaue Kenntnis der von Langendorff angegebenen Versuchsmethode und des von ihm in Pflügers Archiv (Bd. 66, 1897) ausführlich beschriebenen und abgebildeten Apparates vorausgesetzt; ich kann mich infolge dessen darauf beschränken, die Veränderungen näher zu beschreiben, welche sich zur Ausführung meiner Versuche als notwendig erwiesen.

Das Doppelflaschensystem hatte bei Langendorff den Zweck, eine dauernde und ununterbrochene Strömung des Blutes zu ermöglichen, indem die eine Flasche frisch gefüllt werden konnte, während das Blut aus der anderen verbraucht wurde. Nach beendeter Füllung genügte eine einfache Hahnstellung zum augenblicklichen Anschluss des Herzens an die neugefüllte Flasche.

Da aber bei den nachstehenden Versuchen stets drei verschiedene Flüssigkeiten, (Blut, Kochsalzlösung und Versuchsflüssigkeit) deren jede sofort und möglichst unvermischt dem Herzen musste zugeführt werden können, zur Verwendung kommen sollten, so wurde noch eine „dritte Flasche" in der Weise angefügt, dass von zwei, in den doppelt durchbohrten Stopfen derselben eingefügten, nach aussen umgebogenen Glasröhren die kürzere an die Druckflasche angeschlossen wurde, während die andere, bis zum Boden des Gefässes reichende, durch Vermittlung eines Schlauches die Verbindung mit der Ansatzkanüle herstellte. Dieser Schlauch war nämlich mit einem metallenen Ansatzstückchen versehen, das einen Hahn trug, und das anstatt des von Langendorff verwendeten Stöpsels in die obere Öffnung der Anschlusskanüle gesteckt werden konnte.

Um einen augenblicklichen Wechsel der Speisungsflüssigkeit zu ermöglichen, wurde der bei Langendorff unmittelbar mit den unteren Tubulaturen kommunizierende T-Hahn hier an der Ansatzkanüle selbst angebracht und jeder Schenkel des gabelförmigen Glasrohres durch einen Schlauch mit der unteren Tubulatur je eines Glases verbunden. Wärmkammer und Flaschen befanden sich in der Regel in ein und derselben grossen Wanne; nur bei einzelnen Versuchen, wo es darauf ankam, das Herz längere Zeit ohne Unterbrechung zu speisen und wo ein ca. $4^1/_2$ L. fassendes Gefäss als „dritte Flasche" eingeschaltet wurde, befand sich diese in einer besonderen Wärmwanne.

Bei den Versuchen mit entgastem Blut gestaltete sich das Vorbereitungsverfahren folgendermassen:

Eine mit trichterförmigem Aufsatz versehene Flasche enthielt in einem doppelt durchbohrten Stopfen zwei nach aussen umgebogene Glasröhren, deren eine, bis zum Boden des Glases reichende, unmittelbar über dem Stopfen mit einem Verschlusshahn versehen war; die andere endigte unterhalb des Stopfens.

Diese Flasche wurde etwa zur Hälfte mit verdünntem, defibrinirten Blut gefüllt und vermittelst eines, auf die den Hahn tragende Glasröhre aufgesetzten Schlauches an die Plüger'sche Quecksilberpumpe angeschlossen, während ein, auf der zweiten umgebogenen Glasröhre aufsitzendes Schlauchende durch eine Klemmschraube einen luftdichten Verschluss erhielt. Nach Öffnung der Glashähne begann dann die Entgasung. Um eine absolut zuverlässige Dichtung zu erzielen, füllte ich den Trichter soweit mit Quecksilber, bis der Verschlusshahn vollkommen bedeckt war.

Nach Beendigung der Entgasung wurde sowohl der Abschlusshahn der Entgasungspumpe, als auch der zur Flasche führende Hahn geschlossen, zur Sicherung noch am Schlauch nahe dem Pumpenverschlusshahn eine Klemmschraube ange-

legt und dann der Schlauch zwischen dieser und dem Pumpenhahn durchgeschnitten.

Das an der Flasche befindliche Schlauchende füllte ich dann nach Lösung der Klemmschraube mittelst der Kapillarpipette mit Quecksilber, um die Luft daraus möglichst zu vertreiben und verband es mit einem Quecksilberdruckgefäss. Den kurzen abgeklemmten Schlauch auf dem zweiten Glasrohr verlängerte ich durch ein Schlauchstück, das mit metallenem, einen Verschlusshahn tragenden Ansatzstück versehen war (wie ich oben beschrieb) und das in die Anschlusskanäle eingesetzt wurde, nachdem ich erst dieses Schlauchstück sich hatte mit dem unter Quecksilberdruck ausströmenden entgasten Blute füllen lassen.

Öffnete man die zum Druckgefäss und zur Blutflasche führenden Verschlusshähne, so floss also das Quecksilber aus dem Druckgefäss durch den Schlauch und die Glasröhre auf den Boden der Flasche, drängte das entgaste Blut nach oben und durch den Schlauch in die Anschlusskanäle und dem Herzen zu.

Die Flasche mit dem entgasten Blute wurde in ein erwärmtes Wasserbad gestellt und so die Temperatur des Blutes während des Versuches reguliert.

Die Anfertigung der oben beschriebenen Änderungen des Langendorff'schen Apparates übernahm in verständnisvoller Weise der Kustos des Physiologischen Institutes, Herr Hof-Mechanikus Westien, der mich auch bei der Ausführung der Versuche getreulich unterstützt hat; ihm sei an dieser Stelle mein aufrichtiger Dank ausgesprochen.

II. Allgemeine Bemerkungen.

Der Wert der beobachteten Wirkung einer Speisungsflüssigkeit auf das Herz ist immer in gewissem Sinne ein relativer, indem eine Reihe von Faktoren bei seiner Beurteilung

in Betracht gezogen werden muss, die mehr oder weniger Einfluss auf das Resultat haben können.

Von Wichtigkeit ist namentlich das Alter des Versuchstieres: junge Katzenherzen[1]) schlagen bedeutend kräftiger und ausdauernder, als alte; die besten Erfolge hat man mit Herzen ungefähr einjähriger Katzen und unter diesen waren es wieder diejenigen weiblicher Versuchstiere, die sich als die widerstandsfähigsten erwiesen. Hat ein Versuchstier sehr viel Chloroform bekommen, so beobachtet man häufig einen schädigenden Einfluss des Narkotikum: das Herz schlägt meist unregelmässig und schwach und neigt sehr zum Wogen.

Anfangs spülte ich, sobald die Kanüle in die Aorta eingebunden war, vermittelst einer Spülflasche das Herz in situ durch erwärmte 0,8 % Kochsalzlösung aus, indem ich es dabei sehr vorsichtig massierte, um alle Blutkoagula zu entfernen. Dies Verfahren habe ich dann aber verlassen, weil dabei allzuleicht noch zirkulierendes Blut in das Herz aspiriert werden konnte und habe die Ausspülung erst nach vollständiger Isolierung des Herzens vorgenommen.

Das Blut wurde stets defibriniert und mit dem gleichen Volumen erwärmter 0,8 % Kochsalzlösung verdünnt. Man kann das Blut mehrerer Katzen vereinigen und zur Speisung des Katzenherzens benutzen, ohne dass sich ein schädigender Einfluss bemerkbar macht. Natürlich fliesst das gebrauchte Blut aus dem Herzen dunkel und venös ab; arterialisirt man es durch Schütteln an der Luft, so kann es aufs Neue zur Ernährung des Herzens gebraucht werden.

Serum wurde in der Regel in der Weise gewonnen, dass ich das mit dem gleichen Volumen 0,8 % Kochsalzlösung versetzte Blut einige Stunden zentrifugierte und das Serum dann von den zu Boden gesenkten roten Blutkörperchen abheberte. Einige Male wurde auch spontan ausgepresstes, unverdünntes

[1]) Es wurden zu den Versuchen fast ausschliesslich Katzenherzen benutzt.

Serum verwendet — es war aber für die Wirkung gleichgültig, ob das Serum verdünnt oder unverdünnt zur Speisung des Herzens verwendet wurde. Ebenso liess sich Serum zwei und mehrere Male benutzen, ohne dass dadurch der Erfolg modifiziert worden wäre. Die relativ günstigsten Resultate am Katzenherzen wurden nicht mit Katzenserum, sondern mit Pferde- und Hundeserum erzielt.

Während Blut schon kräftige Pulsationen hervorruft, wenn es auch nur sehr langsam fliesst, ist von Serum und Ringerscher Flüssigkeit ein energischer Durchfluss erforderlich, um die Herzthätigkeit möglichst auf der Höhe zu halten.

Das Vorhandensein von Alkali in der Speisungsflüssigkeit ist zur Fortschaffung der durch das arbeitende Herz gebildeten Kohlensäure unerlässlich. Der Einfluss desselben auf die (indirekte) Unterhaltung der Herzaktion ist ein so eklatanter, dass z. B. die Pulsationen in einem Falle längere Zeit kräftig und frequent erhalten wurden durch eine 0,8% Kochsalzlösung, welche sich in einer Flasche befand, die vorher eine alkalische Salzlösung enthalten hatte und wahrscheinlich nur oberflächlich ausgespült war.

Übereinstimmend mit den Beobachtungen von Hefftter habe auch ich konstatieren können, dass jeder Wechsel in der Speisungsflüssigkeit wie ein Reiz auf das Herz einwirkt und eine kurz andauernde Vergrösserung der Ausschläge und eine Steigerung der Frequenz hervorruft; selbstverständlich vorausgesetzt, dass die neue Versuchsflüssigkeit überhaupt einen, wenn auch noch so geringen belebenden Einfluss auf das Herz auszuüben vermag.

Da teils wegen der geringen Grösse des benutzten Zweiflaschensystems, teils wegen des beschränkten Vorrates bestimmter Speisungsflüssigkeiten im Verlaufe vieler Versuche der dem Herzen zugeleitete Strom öfter abgestellt werden musste, um eine neue Füllung der Flasche zu ermöglichen, wurde das Herz leider einer erheblichen Schädigung ausgesetzt,

die nach jedesmaligem Abstellen sich durch einen erneuten Abfall der Pulshöhe kennzeichnete, und die bei der Beurteilung der entsprechenden Kurven berücksichtigt werden muss.

Unter ganz bestimmten Umständen tritt nach Unterbrechung der Zirkulation jedoch kein Abfall der Pulse ein, sondern im Gegenteil eine Verstärkung der Herzaktion.

Dieses eigentümliche Phänomen, das ich die „paradoxe Pulssteigerung" nennen möchte, kann man stets dann beobachten, wenn das Herz bei maximaler Durchströmung (66—100 ccm in der Minute) so kolossal prall gefüllt ist, dass dem Zustandekommen einer vollkommenen Systole durch die im Herzen vorhandene Flüssigkeitsmenge ein erheblicher Widerstand entgegengesetzt wird. Sobald nun der Strom abgestellt ist, vermindert sich natürlich durch Abfluss mit jeder Systole die früher vorhandene Hemmung, das Herz kann wieder freier und leichter schlagen, und daher die grösseren Pulse. Sobald das Herz den Mangel an neuer Speiseflüssigkeit empfindet, ermüdet es sehr schnell in der normalen Weise.

Was die Herstellung der Ringer'schen Lösung[1]) betrifft, die auf 1 l destillierten Wassers 0,1 gr. Na HCO_3, 0,1 gr $CaCl_2$, 8 gr NaCl und 0,075 gr. KCl enthält, so ist es von grösster Wichtigkeit, dass ausser möglichst reinem destillierten Wasser, nur chemisch reine Salze zur Verwendung gelangen, und dass die Salze in der angegebenen Reihenfolge zugefügt werden, weil man sonst leicht die Bildung einzelner kleiner, weisser, unlöslicher Flöckchen beobachten kann, durch welche natürlich die Lösung unbrauchbar wird.

Zum Schluss will ich noch erwähnen, dass ich anfangs versucht habe, Rattenherzen mit verdünntem Kaninchenblut und Kaninchenserum zu speisen, dass der Erfolg aber negativ ausgefallen ist.

[1]) Vergl. S. 36.

III. Versuche mit Serum.

Es ist bereits am Schlusse der dieser Arbeit vorangestellten historischen Übersicht bei Erwähnung der neuen Versuche von Porter darauf hingewiesen worden, dass die nachstehenden Untersuchungen über den Einfluss des Serum auf die Ernährung des Säugetierherzens bereits vollständig abgeschlossen waren, als die Mitteilungen von Porter bekannt wurden.

Die letzteren scheinen, soweit sie sich auf den Einfluss des Sauerstoffs beziehen, eine Bestätigung meiner Beobachtungen zu enthalten.

Um nämlich die Pulse mit blutkörperchenfreiem Serum einigermassen dauernd auf gleicher Höhe erhalten zu können, bedurfte es einer sehr intensiven Durchströmung des Herzens (durchschnittlich passierten das Herz 66 ccm Serum in der Minute, ja manchmal sogar bis zu 80 ccm —); Salze und Serumalbumin standen dem Herzen in einer Menge zur Verfügung, die auch bei langsamerem Durchfluss reichlich genügt hätte, ich kann daher wohl mit Recht die erforderliche rasche Durchströmung auf Rechnung des Sauerstoffhungers setzen, der das Herz veranlasst, immer neue Mengen des verhältnismässig sauerstoffarmen Serum zu verlangen, um dadurch wenigstens einigermassen sein Bedürfnis nach Sauerstoff zu befriedigen.

Es ist ferner von mir bei der Speisung des Herzens mit Serum in einem Falle eine ausgeprägte Gruppenbildung beobachtet worden, die nach den Untersuchungen von Rossbach und Langendorff ziemlich sicher als die Reaktion des Herzens auf mangelhafte Sauerstoffzufuhr angesehen werden kann.

Um ein vollständiges Bild von der Wirkung des Serums auf das Herz zu geben, füge ich hier die Protokolle einiger solcher Speisungsversuche an.

6. Versuch (5. April 1898).

Katzenherz wird mit seinem eigenen Blute in der üblichen Verdünnung gespeist.

Herz schlägt 10 Uhr 45 Min. mit Blut. Temperatur 30° C.; Druck 100 mm Hg.

10 Uhr 51 Min. Serum vom Hunde.[1]) Temperatur 36° C. Im ersten Momente werden die Ausschläge grösser, dann allmählich kleiner mit alternierendem Charakter.

10 Uhr 54 Min. Es ist abgestellt und zugegossen worden; die Pulse beginnen nach wiederhergestelltem Zufluss wieder kräftig zu werden und sind stark alternierend. Temp. 27° C. Zwischendurch einige sehr grosse Ausschläge.

11 Uhr. Temp. 33° C.

11 Uhr 12 Min. Temp. 35,5° C. Durchfluss wird beschleunigt, die Pulse werden kräftiger.

11 Uhr 20 Min. Temp. 33° C. Durchfluss 60 ccm in der Minute; das Serum wird mit grosser Gewalt durchgespült.

11 Uhr 35 Min. Temp. 34,8° C. Die Pulse haben grosse Ausschläge die nicht regelmässig wiederkehren.

11 Uhr 39 Min. Serum wird mit Blut geschüttelt und durchgeleitet.

11 Uhr 43 Min. Pulse zwar alternierend, aber wieder regelmässig.

11 Uhr 45 Min. Der Serum-Blutsturm wird verstärkt, trotzdem wird die Herzthätigkeit schwächer.

11 Uhr 53 Min. Blut (verdünnt). Temp. 34° C. Die Herzthätigkeit wird wieder besser und hält sich bis

12 Uhr auf gleicher Höhe. Temperatur ist langsam auf 30,5° abgefallen. Durchfluss 6 ccm in 3 Minuten.

---

[1]) Serum aus dem Blute eines Teckels, durch Zentifugieren gewonnen, nachdem das Blut mit dem gleichen Volumen 0.8 % Kochsalzlösung versetzt war. Der Hund war am Tage vor dem Versuche getötet worden, und das Serum an diesem Tage hergestellt.

Das Serum ist schwach rosa gefärbt, und lässt im Spektroskop deutlich die Oxyhämoglobinstreifen, auch nach dem Durchströmen durch das Herz erkennen. Das erste Serum, nach der Durchströmung des Blutes wurde fortgegossen, das weitere wurde stets wieder von neuem benutzt.

12 Uhr 5 Min. Der Druck wird auf 140 mm Hg. erhöht.

12 Uhr 6 Min. Temp. 39,5° C. Durchfluss 6 ccm in 1 Minute.

12 Uhr 17 Min. Serum. Temp. 40,5° C. Puls unregelmässig, wird schnell kleiner.

12 Uhr 20 Min. Schluss.

Im Hoppe-Seylerschen Hämatinometer wurde die Farbe des gebrauchten Serum mit Hundeblut verglichen.

$^1/_{10}$ ccm Hundeblut wurde mit 33,8 ccm destillierten Wassers versetzt, womit die Farbe gleich wurde.

Das macht also 0,29 % Blutgehalt des Serum (Hundeblut hat etwas stärkere Färbekraft als Katzenblut).

8. Versuch (26. April 1898).

Von zwei Katzen wurde das Blut (145 resp. 100 ccm) entnommen und mit dem gleichen Vol. 0,8 % Kochsalzlösung versetzt. Darauf wurde zentrifugiert und 355 ccm Serum von schwach rötlicher Farbe gewonnen.

Herz von einer ca. 1 Jahr alten Katze schlägt mit frischem eigenen (verdünnten) Blute.

10 Uhr 27 Min. Temp. 35° C.; Druck 100 mm Hg; Pulse kräftig.

10 Uhr 29 Min. 0,8 % NaCl-Lösung; Herzschläge nehmen an Stärke sehr schnell ab, werden aber frequenter.

10 Uhr 38 Min. Abgestellt und zugegossen, nach wenigen Augenblicken Durchströmung wieder eröffnet.

10 Uhr 44 Min. Kochsalzlösung fliesst noch blutig gefärbt ab.

10 Uhr 46 Min. Kontraktionen sehr schwach.

10 Uhr 47 Min. Serum. Temp. 38° C.

Die Herzthätigkeit beginnt sich sofort zu heben und wird sehr kräftig, wenn auch ziemlich langsam.

10 Uhr 58 Min. Bis jetzt haben sich die Pulse auf derselben Höhe erhalten. Es wird abgestellt und zugegossen. Der Herzschlag wird für kurze Zeit (ca. 30 Sek.) sehr lang-

sam, erreicht dann fast die frühere Schnelligkeit, wenn er auch sehr allmählich kleiner wird.

11 Uhr 2 Min. Temp. 34,5° C.

11 Uhr 15 Min. Es tritt eine Gruppe von grösseren langsamen Pulsen auf.

11 Uhr 20 Min. Trommelwechsel.

11 Uhr 23—30 Min. In Zwischenräumen von genau 80 Sek. erscheint eine Gruppe von 5—6 grossen langsamen Ausschlägen. Dazwischen regelmässiger Puls.

11 Uhr 31—50 Min. Fortdauernd Gruppenbildung; die Zwischenräume, in denen regelmässiger Puls sich zeigt, werden kleiner.

11 Uhr 56 Min. 0,8 % Kochsalzlösung + Blutkörperchen; Puls wird allmählig regelmässig und grösser, die Gruppen sind sofort verschwunden.

11 Uhr 59 Min. Temp. 29,5° C.

12 Uhr 7 Min. Puls ist sehr klein und langsam geworden.

12 Uhr 8 Min. Blut (frisches verdünntes Blut derselben Katze) Temp. 27° C. Herzschlag wird kräftiger, aber unregelmässig.

12 Uhr 13 Min. Temp. 30° C. Puls regelmässig und frequent.

12 Uhr 17 Min. Druck wird auf 150 mm. Hg. erhöht. Temp. 35,75° C.

12 Uhr 18 Min. Herz wird mit 0,8 % NaCl-Lösung ausgespült. Herzthätigkeit wird sofort schwächer.

12 Uhr 30 Min. 0,8 % NaCl-Lösung + Blutkörperchen. Die Kontraktionen beginnen sofort wieder.

12 Uhr 39 Min. Der Puls ist wieder schwächer geworden, daher

12 Uhr 40 Min. Blut. Kräftiger, stets anwachsender Puls.

Schluss.

12. Versuch (2. Mai 1898).

Katzenherz beginnt zu schlagen:

11 Uhr 26 Min. mit 0,8 % NaCl-Lösung. Schnelle Erschöpfung bis zum Stillstand.

11 Uhr 28 Min. Serum (vom Pferd, drei Tage alt, schwach rötlich, unverdünnt). Druck 100 mm. Hg. Temp. 37° C. Sofort setzen kräftige Pulsationen ein, die aber schnell kleiner werden. Daher wird der Strom verstärkt: Ausschläge werden sehr gross.

11 Uhr 36 Min. Puls ist allmählig etwas kleiner geworden. Temp. 38° C. Abgestellt, zugegossen. Herzthätigkeit wird sofort ganz minimal. Darauf wird der Strom verstärkt: Pulse werden wieder besser und halten sich längere Zeit auf der gleichen Höhe. Durchfluss: 22,5 ccm. in der Minute.

11 Uhr 48 Min. Abgestellt, zugegossen. Herzthätigkeit wird nach dem Abstellen wieder sehr elend.

11 Uhr 52 Min. Strom wird verstärkt. Temp. 37° C.

11 Uhr 55 Min. Strom wird noch mehr verstärkt. Puls erreicht wieder die Höhe wie vor dem Abstellen (11 Uhr 48 Min.) und überschreitet sie sogar. Temp. 38,5° C. Durchfluss 66 ccm. in der Minute.

11 Uhr 59 Min. Strom wird auf 19 ccm Durchfluss in der Minute verringert. Puls wird kleiner und sehr langsam. Temp. 35° C.

12 Uhr 3 Min. Temp. 36,5 C.

12 Uhr 11 Min. Die Pulsationen sind sehr klein und sehr langsam geworden. Es wird abgestellt und zugegossen, dann der Durchfluss maximal gemacht.

12 Uhr 12 Min. Durchfluss: 86 ccm. in der Minute. Die Herzthätigkeit hat sich gebessert, die Pulse sind wieder grösser und frequenter geworden.

12 Uhr 13 Min. Blut (von derselben Katze, verdünnt). Pulsation wird kräftiger und lebhafter, die Ausschläge haben ungefähr die doppelte Höhe der letzten Serumpulse.

12 Uhr 15 Min. Durchfluss 12 ccm. in der Minute. Temp. 39° C.

12 Uhr 20 Min. Maximaler Durchfluss: 42 ccm. in der Minute. Puls sehr kräftig und frequent.

12 Uhr 21 Min. 0,8 % Kochsalzlösung. Puls wird sehr klein.

12 Uhr 27 Min. Herz wogt. Temp. 42° C.

12 Uhr 32 Min. Serum. Herz wogt weiter.

Schluss.

Es geht aus diesen Versuchen hervor, dass das Serum zwar ein durch Kochsalzlösung erschöpftes und zu vollkommenem Stillstand gebrachtes Säugetierherz wieder zu kräftigem Schlagen bringen und auch die Pulsationen eine Zeit lang gut unterhalten kann, dass es aber nicht imstande ist, das Herz dauernd zu ernähren.

IV. Versuche mit Ringerscher Flüssigkeit.

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass Serum nicht die Fähigkeit besass, das Säugetierherz auf längere Dauer zu gleichmässig kräftiger Arbeit zu befähigen, musste es von Interesse sein, zu untersuchen, wie sich die Wirkung der Ringerschen Flüssigkeit, als einer anorganischen, serumalbuminfreien Salzlösung für das Herz gestalten würde.

17. Versuch (16. Mai 1898).

Katzenherz ist durch 0,8 % Kochsalzlösung erschöpft und zum Stillstand gebracht worden.

11 Uhr 36 Min. Ringersche Flüssigkeit. Temperatur 34° C. Druck 100 mm. Hg. Sehr kräftige Pulsation.

11 Uhr 40 Min. Plötzlich mitten im kräftigen Schlagen Stillstand (63 Sekunden lang), dann ebenso plötzliches Wiedereinsetzen der Herzthätigkeit in derselben Stärke, wie früher.

11 Uhr 42 Min. Wiederholung des plötzlichen Stillstandes (34 Sekunden).

11 Uhr 43—52 Min. Sehr frequenter, kräftiger, regelmässiger Puls. Temp. 38° C. Durchfluss 60 ccm in der Minute.

(Eiweiss ist in der aufgefangenen Flüssigkeit nicht vorhanden. Xanthoproteïn-Biuret-Millon-Probe negativ (Millon: starker Niederschlag von anorganischen Salzen, die auf Kochen verschwinden).

(Salpetersäure giebt keine Trübung, beim Kochen ebenfalls nicht; auch nach Übersättigung mit Ammoniak tritt keine Gelbfärbung auf).

11 Uhr 52 Min. Plötzlicher Stillstand (25 Sekunden), darauf langsamer, alternierender Puls. Temp. 31° C.

12 Uhr 3 Min. Herzthätigkeit wird ansteigend kräftiger und frequenter. Sobald abgestellt wird, zeigt sich eine Vergrösserung der Ausschläge.

12 Uhr 8 Min. Trommelwechsel; abgestellt.

12 Uhr 10 Min. Durchfluss wieder eröffnet mit neuer Ringerscher Flüssigkeit, die sich als schlecht erweist, da nicht alle Salze gelöst sind.

12 Uhr 12 Min. Puls klein, unregelmässig. Temp. 34,2—35,3° C.

12 Uhr 17 Min. Abgestellt; sofort hebt sich die Herzthätigkeit und wird ziemlich kräftig und frequent, dann schwächer.

12 Uhr 20 Min. Durchfluss wieder eröffnet. Einen Augenblick steht das Herz vollständig, dann fängt es an, ziemlich schwach zu schlagen, wird aber immer elender.

12 Uhr 25 Min. Abgestellt. Das Herz steht ca. 40 Sekunden, schlägt dann ebenso lange. Das wiederholt sich noch zwei Mal, darauf steht es vollständig.

12 Uhr 31 Min. Blut (frisches, verdünntes Blut derselben Katze). Die Pulsationen werden wieder kräftig.

12 Uhr 40 Min. Puls regelmässig, frequent, aber nicht gross.

19. Versuch (21. Mai 1898).

Katzenherz wird mit Kochsalzlösung ausgewaschen bis zum vollkommenen Stillstand. Druck 100 mm. Hg.

11 Uhr 42 Min. Ringersche Flüssigkeit. Herzthätigkeit setzt sofort wieder ein. Puls anfangs langsam (Temp. 32° C.) wird fortwährend schneller.

11 Uhr 54 Min. Abfluss klar. Temp. 35,5° C. Durchfluss 70 ccm in der Minute.

12 Uhr 3 Min. Untersuchung der aufgefangenen Flüssigkeit ergiebt auf Zusatz von Salpetersäure keine Trübung; bei Erhitzen und Ammoniakzusetzung schwach gelblicher Schimmer in dicker Schicht. Biuretprobe negativ.

12 Uhr 5 Min. Nach jedesmaligem Abstellen vergrössern sich die Ausschläge.

12 Uhr 11 Min. Blut (verdünntes, frisches Blut derselben Katze). Puls wird sofort kräftig, aber unregelmässig.

12 Uhr 17 Min. Ringersche Flüssigkeit. Temp. 24° C! Herzthätigkeit hält sich zunächst auf derselben Höhe, wird dann aber sehr schwach und verlangsamt.

12 Uhr 25 Min. Verletzung des Herzens. Schluss.

23. Versuch (13. Juni 1898).

Katzenherz schlägt (nachdem es durch Ausspülung mit 0,8% Kochsalzlösung zum Stillstand erschöpft ist):

11 Uhr 30 Min. mit Ringerscher Flüssigkeit. Herzthätigkeit beginnt augenblicklich. Die Pulse werden fortschreitend stärker und frequenter.

11 Uhr 33 Min. Durchfluss 45 ccm in 30 Sekunden.

11 Uhr 45 Min. Durchfluss 40 ccm in 30 Sekunden.

11 Uhr 52 Min. Durchfluss 50 ccm in 30 Sekunden. Bis hierher haben sich die Ausschläge auf gleicher Höhe gehalten.

11 Uhr 55 Min. Temp. 37° C. Puls ist ziemlich klein geworden.

12 Uhr. 0,8% Kochsalzlösung. Herz steht sofort.

12 Uhr 30 Sek. Kaltes Blut (derselben Katze, verdünnt), 21° C. Puls wird wieder kräftig regelmässig und frequent.

Die Höhe der Ausschläge bleibt hinter den mit Ringerscher Flüssigkeit erzielten zurück.

12 Uhr 20 Min. Schluss.

Die Speisungsversuche mit Ringerscher Lösung zeigen, dass diese Flüssigkeit das durch Kochsalzlösung bis zum Stillstand erschöpfte Herz zum kräftigen Pulsieren bringt, dass sie auch einige Zeit die Herzthätigkeit gut unterhalten kann, dass sie aber nicht geeignet ist, die Schlagfolge des Säugetierherzens dauernd zu unterhalten.

Es muss hier noch angefügt werden, dass die von Ringer für die Speisung des Froschherzens angegebene Flüssigkeit einen Kochsalzgehalt von 0,6% haben soll, dass dieser Salzgehalt aber für die vorstehenden und den nachfolgenden Versuch stets auf 0,8% erhöht wurde, um die Lösung für das Katzenherz isotonisch zu machen.

Da es sich also herausstellte, dass die Ringersche Flüssigkeit das Herz nicht zu dauernder Arbeit zu befähigen vermochte, so lag der Gedanke nahe, ob vielleicht durch Zusatz einer geringen Menge Blut das Resultat sich wesentlich besser gestalten würde.

Es wurden zu diesem Zwecke 4 l. Ringerscher Lösung mit 100 ccm. unverdünnten, defibrinierten Katzenblutes gemischt.

27. Versuch (28. Juni 1898).

Katzenherz wird durch Ausspülung mit 0,8% Kochsalzlösung bis zum Stillstand erschöpft.

12 Uhr 27 Min. Ringersche Flüssigkeit + Blut. Druck 120 mm Hg. Temp. 37° C. Puls wird sofort kräftig und frequent.

12 Uhr 35 Min. Durchfluss 36 ccm in der Minute.

12 Uhr 40 Min. Temp. 39,6° C. Die mikroskopische Untersuchung des Ausflusses zeigt, dass die Blutkörperchen stechapfelförmig geworden sind.

12 Uhr 47 Min. Bis jetzt sind ungefähr 1200 ccm durchgeflossen. Der Puls ist unverändert gut. Temp. 40° C.

1 Uhr. Temp. 39,5° C. Durchfluss 59 ccm in der Minute.

1 Uhr 2 Min. Strom verstärkt. Durchfluss 79 ccm. in der Minute.

1 Uhr 10 Min. Durchfluss 94 ccm in der Minute. Temp. 38,5° C. Herz schlägt immer noch kräftig. Die Ausschläge sind jedoch etwas kleiner geworden. Der ganze Vorrat an Flüssigkeit ist verbraucht.

1 Uhr 13 Min. Blut. Puls wird sehr kräftig und frequent, übersteigt aber an Grösse nicht die besten, mit Ringerscher Lösung + Blut erzielten Pulsationen. Temp. 38° C.

1 Uhr 17 Min. 0,8% NaCl-Lösung. Puls wird sofort sehr klein.

1 Uhr 22 Min. Ringersche Lösung + Blut. Puls wird wieder kräftiger, bleibt aber doch im ganzen schwach.

1 Uhr 27 Min. Blut. Herzschlag wird bedeutend besser, erreicht aber nicht mehr die früher mit Blut erzielte Stärke.

1 Uhr 32 Min. Temp. 32,5° C. Druck wird auf 180 mm. Hg. erhöht.

1 Uhr 39 Min. Das Reservoir ist leer — es wird Luft ins Herz getrieben. Dasselbe schlägt unregelmässig, aber leidlich weiter. Schluss.

Dieser Versuch zeigt also, dass Ringersche Flüssigkeit, mit einer sehr geringen Menge Blut vermischt, die Herzthätigkeit bedeutend besser zu unterhalten vermag, als ohne Blutzusatz.

Damit aber die roten Blutkörperchen ihre Form behalten und ihre Funktion als Sauerstoffträger ausüben können, muss die Ringersche Lösung für dieselben isotonisch sein, was sie beim vorstehenden Versuche nach dem mikroskopischen Befund jedoch nicht war.

V. Versuche mit lackfarbenem Blut.

Das lackfarbene Blut bereitete ich in der Weise, dass ich frisches, defibriniertes Katzenblut, mit dem gleichen Volumen destillierten Wassers gemischt, in einem verschlossenen Glase ca. 1 Stunde lang stehen liess, worauf sich das Blut vollkommen lackfarben zeigte; es wurde dann durch Zusatz einer besimmten Menge 8 % Kochsalzlösung auf den erforderlichen Salzgehalt gebracht.

25. Versuch (20. Juni 1898).

11 Uhr 35 Min. Katzenherz wird durch Speisung mit 0,8 % Kochsalzlösung bis zum Stillstand erschöpft. Druck 100 mm Hg.

11 Uhr 36 Min. Lackfarbenes Blut. Temperatur 32° C. Herzthätigkeit beginnt sofort wieder und wird bald kräftig und lebhaft; anfangs alternierend, später nicht mehr.

11 Uhr 46 Min. Die Ausschläge erreichen nur noch die Hälfte der ursprünglichen Höhe; die Pulse sind sehr verlangsamt.

11 Uhr 48 Min. 0,8 % Kochsalzlösung. Pulsationen werden kleiner und häufiger.

11 Uhr 54 Min. Temp. 36,5° C.

11 Uhr 55 Min. Die Ausschläge sind etwas grösser, die Frequenz lässt nach.

11 Uhr 58 Min. Der Puls wird alternierend und sonderbarer Weise immer grösser; vielleicht enthielt die Flasche noch Spuren von Alkali.

12 Uhr. Puls regelmässig und kräftig.

12 Uhr 3 Min. Herzthätigkeit ist wieder klein und frequent geworden.

12 Uhr 4 Min. Lackfarbenes Blut. Temp. 34° C. Sofort kräftige, schnelle Pulsationen, die aber im weiteren Verlaufe bald klein und unregelmässig werden.

12 Uhr 13 Min. Herzschlag sehr schwach und sehr verlangsamt.

12 Uhr 14 Min. 0,8 % NaCl-Lösung. Puls wird sehr schnell klein bis zum Stillstand.

12 Uhr 20 Min. Lackfarbenes Blut ohne NaCl-Zusatz. Stillstand des Herzens dauert fort.

26. Versuch (21. Juni 1898).

12 Uhr 11 Min. Katzenherz schlägt mit verdünntem Blut. Druck 100 mm Hg. Temp. 35,5° C. Die Pulse sind so überraschend gross und frequent, wie sie bisher in den Versuchen noch nicht erreicht worden sind.

12 Uhr 13 Min. 0,8 % Kochsalzlösung. Temp. 41° C. — später 40° C.

12 Uhr 19 Min. Bisher ist die Herzthätigkeit anstatt geringer, noch kräftiger geworden, wird aber nun schwächer und hat ganz aufgehört. Jetzt: Lackfarbenes Blut.

12 Uhr 26 Min. Augenblicklich sehr kräftige und frequente Pulse, die nach drei Minuten geringer werden und sich dann 10 Minuten (bei 34° 37,5° C.) genau auf derselben Höhe halten.

12 Uhr 40 Min. Herzschlag ca. 1 Minute unregelmässig, dann fortwährende Steigerung in der Herzaktion. Temp. 34° C.

12 Uhr 51 Min. Temp. 35° C. Kräftiger und frequenter Puls.

12 Uhr 52 Min. Frisches Blut. Temp. 35° C. Die Ausschläge werden anfangs etwas grösser, als die letzten mit lackfarbenem Blut waren. Dann bleiben sie denen mit lackfarbenem Blut gleich.

12 Uhr 59 Min. 0,8 % NaCl-Lösung. Puls wird bald klein, Temperatur steigt in wenigen Sekunden von 20° C. auf 33,5° C.

1 Uhr 6 Min. Lackfarbenes Blut. Herzthätigkeit kräftigt sich sofort. Es tritt Gruppenbildung ein. Temp. 29° C.

1 Uhr 14 Min. Druck wird auf 150 mm Hg. erhöht. Temp. 29° C. Puls wird kräftiger und regelmässig. Schluss.

28. Versuch (30. Juni 1898).

12 Uhr 4 Min. Katzenherz wird mit 0,8% Kochsalzlösung durchspült. Temp. 39° C. Druck 100 mm Hg. Die Erschöpfung geht sehr langsam vor sich, da das Herz ganz aussergewöhnlich kräftig ist.

12 Uhr 20 Min. Herz steht.

12 Uhr 24 Min. Lackfarbenes Blut. Temp. 35° C. Sofort riesige Ausschläge, regelmässig und frequent.

12 Uhr 40 Min. Temp. 39° C. Pulse sind bis jetzt kleiner geworden, sind aber noch sehr gross und sehr frequent.

12 Uhr 45 Min. Temp. 37° C.

12 Uhr 58 Min. Der Puls ist bis hierher noch kleiner geworden und ist alternierend. Strömung ist verstärkt. NaCl-Lösung (0,8%).

1 Uhr 4 Min. Herz steht fast — Durchfluss ist sehr gering. (Verstopfung?) Druck wird auf 140 mm Hg. erhöht. Lackfarbenes Blut. Herz kommt wieder zum Schlagen. Puls alternierend. Temp. 29,5° C. Druck erhöht auf 160 mm Hg. Durchfluss ist gering trotz maximaler Durchströmung.

1 Uhr 10 Min. Frisches Blut. Keine Wirkung. Puls wird allmählich immer kleiner. Temp. 26° C.

1 Uhr 12 Min. Temp. 37° C.

1 Uhr 14 Min. Puls wird immer elender. Druck auf 200 mm Hg. erhöht. Keine Änderung. Schluss.

Aus diesen Versuchen ist zu schliessen, dass lackfarbenes Blut, in dem die roten Blutkörperchen zerstört sind, den Herzschlag wohl eine Zeit lang unterhalten kann, aber zur dauernden Ernährung des Säugetierherzens nicht geeignet ist.

Ob der Grund hierfür darin gesucht werden muss, dass die Funktion der roten Blutkörperchen ausgefallen ist, oder dass die Stromata derselben Verstopfungen in den Gefässen hervorrufen, ist durch die Versuche nicht zu entscheiden; vielleicht kommt hier beides zugleich in Betracht.

VI. Versuche mit entgastem Blut.

Um den Einfluss zu studieren, der dem Sauerstoff auf die Ernährung des Säugetierherzens beizumessen ist, war es von Interesse zu konstatieren, wie sich die Thätigkeit des Herzens bei Durchleitung von vollkommen gasfreiem Blute gestalten würde.

24. Versuch (17. Juni 1898).

100 ccm Katzenblut werden am Tage vor dem Versuche mit 0,8% Kochsalzlösung auf 300 ccm verdünnt und mit der Quecksilberluftpumpe entgast.

11 Uhr 50 Min. Katzenherz schlägt mit frischem verdünnten Blute. Druck 100 mm Hg. Temp. 37,5° C.

11 Uhr 55 Min. 0,8% Kochsalzlösung. Puls wird sehr schnell klein.

11 Uhr 56 Min. Herz steht. Entgastes Blut. Temp. 25° C. Das Herz kontrahiert sich weit kräftiger, als mit frischem Blute; die Kontraktionen haben etwas ruckartiges, 44 Zusammenziehungen in der Minute.

12 Uhr 15 Min. Entgastes Blut ist verbraucht; die kräftigen Kontraktionen haben bis jetzt angehalten.

12 Uhr 15 Min. Es wird frisches Blut gegeben, zu dem später das gebrauchte, entgast gewesene, und durch Schütteln wieder arterialisierte Blut hinzugefügt wurde. Temp. 36° C. Herz schlägt gut. Der Versuch wird abgebrochen.

27. Versuch (24. Juni 1898.)

Katzenblut mit dem doppelten Volumen 0,8% Kochsalzlösung versetzt, wird entgast. Der eine Schenkel der Zuleitungskanüle wird mit ausgekochter (entgaster) und unter flüssigem Paraffin aufbewahrter 0,8% Kochsalzlösung gefüllt. Nachdem das Herz erst mit gewöhnlicher physiologischer Chlornatriumlösung ausgespült war, wurde entgaste durchgeleitet. Druck 100 mm Hg. Temp. 32° C. Herz macht nur noch schwache Kontraktionen, schliesslich steht es.

12 Uhr 14 Min. Entgastes Blut. Temp. 28° C. Herzthätigkeit beginnt wieder, bleibt aber ziemlich schwach und sehr langsam.

12 Uhr 19 Min. Temp. 25° C.

12 Uhr 24 Min. Strom verstärkt. Temp. 35° C. Puls wird etwas frequenter, ist aber sehr schwach.

12 Uhr 27 Min. Entgaste Kochsalzlösung. Herz steht sehr bald.

12 Uhr 31 Min. Entgastes Blut. Temp. 30° C. Herz beginnt wieder zu schlagen, aber sehr schwach.

12 Uhr 36 Min. Entgastes Blut ist zu Ende.

12 Uhr 39 Min. Nicht entgaste Kochsalzlösung. Herz steht.

12 Uhr 48 Min. Frisches, verdünntes Blut. Temp. 30° C. Herz fängt nach wenigen Schlägen an zu wogen. Schluss. Probe des entgasten Blutes ergiebt spektroskopisch kein Oxyhämoglobin; man sieht deutlich das Reduktionsband.

Ein sicherer Schluss über die Rolle, welche dem Sauerstoff für die Ernährung des Säugetierherzmuskels zukommt, ist aus diesen beiden Versuchen noch nicht zu ziehen.

Dem Herzen standen im ersten Versuche trotz der Speisung mit entgastem Blut immer noch drei Quellen des Sauerstoffs zur Verfügung: Die nicht entgaste Kochsalzlösung, mit der das entgaste Blut zunächst in Berührung kam, die Druckluft und die atmosphärische Luft. Es hat in der kurzen Zeit des Versuches ganz gut geschlagen, demnach hat es für diesen Zeitraum genügend Sauerstoff zur Verfügung gehabt. Der zweite Versuch zeigt schon ein anderes Bild: Die Kochsalzlösung kann keinen Sauerstoff abgeben, weil auch sie entgast ist, der Sauerstoff kann also nur noch der Druckluft und der athmosphärischen Luft entnommen werden; deswegen bleibt auch der Herzschlag matt und wird unregelmässig.

Um einwandfrei feststellen zu können, wie sich das Säugetierherz bei absolutem Sauerstoffmangel verhält, darf

man das Herz nicht nur mit entgaster Kochsalzlösung ausspülen und dann mit entgastem Blut speisen, sondern diese Speisung muss unter der Einwirkung von sauerstofffreier Druckluft und in ebensolchem Medium vor sich gehen.

Es scheint mir aber schon aus diesen Versuchen hervorzugehen, was auch durch meine Versuche mit Serum, mit Ringerscher Flüssigkeit und mit lackfarbenem Blut bestätigt wird, dass eine kräftige Herzthätigkeit ohne Sauerstoff jedenfalls nicht möglich ist, wenn es auch wahrscheinlich eine verhältnismässig sehr geringe Menge ist, dessen das Herz für seine Arbeit bedarf.

Zur Zeit werden im Physiologischen Institut zu Rostock weitere Untersuchungen angestellt, denen es vorbehalten bleiben muss, die Frage, wie sich das Herz bei vollkommenstem Sauerstoffmangel verhält, definitiv zu entscheiden.

Schlussbemerkungen.

In Betreff der Ernährung des Froschherzens herrschen schon seit langem Meinungsverschiedenheiten darüber, ob das Herz ohne Zufuhr von Serumalbumin zur Arbeit befähigt sein könne, oder nicht, und es ist vorauszusehen, dass auch mit Beziehung auf das Säugetierherz diese Frage zur Erörterung kommen wird. Ich möchte darüber einige Worte sagen.

Langendorff[1]) hat bei Versuchen an der abgeklemmten Herzspitze gefunden, dass es Agentien giebt, die ohne ernährend zu wirken, bei der Resorption einen derartigen Reiz auf die Herzspitze auszuüben vermögen, dass sie zu dauerndem Schlagen gebracht wird.

Wenn ich unter dem Eindrucke dieser Thatsache meine Versuche mit Ringerscher Flüssigkeit betrachte, die doch kein Serumalbumin enthält und auch nach dem Verlassen des

[1]) Langendorff, Du Bois-Reymonds Archiv 1894, Supplementband.

Herzens nicht enthielt, so werde ich zu dem Schlusse gedrängt, dass diese anorganische Salzlösung nur dadurch, dass sie einen Reiz auf das Herz ausübte, und Gelegenheit zur Fortschaffung der Kohlensäure gab, die Schlagfolge unterhielt.

Wie dieser Vorgang in seinem Wesen zu erklären ist, das muss anderen Forschungen überlassen bleiben, ich konstatiere nur das Faktum.

Es giebt also zweierlei Wege zur Unterhaltung der Herzthätigkeit: Ernährung und Reizung.

Durch die Ernährung erhält das Herz organische Stoffe, die es zum Ersatze des eigenen verbrauchten Materials verwendet, durch die Reizung wird es ohne Zufuhr von organischem Speisungsmaterial zu immer neuer Arbeit gehetzt, die es ziemlich lange leisten kann, wenn nur sein Stoffwechselprodukt, die Kohlensäure regelmässig entfernt wird.

Damit komme ich zu den Schlussfolgerungen aus meinen Versuchen:

1. Jede Flüssigkeit, die zur Unterhaltung des Herzschlages verwendet werden soll, muss alkalisch sein, um eine Fortschaffung der vergiftenden Kohlensäure zu bewirken.

2. Jeder Wechsel in der Speisungsflüssigkeit wirkt wie ein Reiz auf das Säugetierherz ein und ruft eine kurzandauernde Vergrösserung der Ausschläge und eine Steigerung der Frequenz hervor; es ist dabei vorausgesetzt, dass die neue Versuchsflüssigkeit den Herzschlag überhaupt unterhalten kann, wenn auch noch so kurze Zeit.

3. Serum ist zwar imstande, ein durch Kochsalzlösung bis zum Stillstand erschöpftes Säugetierherz wieder zu kräftigem Schlagen zu bringen, auch die Pulsationen eine Zeit lang gut zu unterhalten, kann aber das Herz nicht dauernd ernähren; die Ringer'sche Flüssigkeit verhält sich ebenso.

4. Ringersche Flüssigkeit mit einer geringen Menge Blut (100 ccm Blut: 4000 ccm Lösung) unterhält die Herzthätigkeit bedeutend besser, als ohne Blutzusatz. Damit jedoch die

roten Blutkörperchen ihre Form in der Lösung behalten können, muss sie für dieselben isotonisch sein.

5. Lackfarbenes Blut kann den Herzschlag wohl einige Zeit unterhalten, ist aber zur dauernden Ernährung des Säugetierherzens nicht geeignet.

6. Es ist sicher, dass eine kräftige Herzthätigkeit ohne Sauerstoff nicht möglich ist. Die Versuche mit entgastem Blut lassen vermuten, dass der Sauerstoff zur Unterhaltung des Herzschlages nicht entbehrt werden kann.

Zum Schlusse sage ich Herrn Prof. Dr. Langendorff für die Anregung zu dieser Arbeit und seine liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung derselben meinen verbindlichsten Dank.

Anhang.
Tabellarische Zusammenstellung der Versuche.

Serum.

No. u. Datum d. Versuch.	Art des Versuchsherzens	Art der vorhergegang. Speisungsflüssigkeit	Art d. Herzthätigkeit vor Eintritt des Serum	Art des Serum	Wirkung des Serum	Temperatur	Druck	Gesamtdauer der Durchströmung	Bemerkungen
5. 31. März.	Katzenherz.	Blut.	kräftig frequent alternierend.	Katzenserum von verdünntem Blute Tags vorher entnommen.	Puls anfangs sehr kräftig u. frequent, dann unregelmäss. Darauf mäss. gross u. frequent. regelmässig. Zuletzt unregelmässig. klein u. langsam, endlich Stillstand.	40° C. 36,5°C.	100 mm Hg.	26 Min.	Dasselbe Serum wird wieder benutzt.
6. 5. April.	Katzenherz.	Blut.	sehr kräftig und frequent alternierend.	Hundeserum (von ein. Teckel) aus verdünntem Blut am Tage vorher durch Zentrifugieren gewonnen.	Ausschläge erst kräftiger, dann kleiner, nach „Abstellung" „Zufluss" ziemlich kräftig, stark alternierend mit einzeln. sehr grossen Pulsen.	36° C.	100 mm Hg.	48 Min.	N. Verstärkg. d. Durchfluss. bedeutende Steigerung d. Herzaktion. Serum mehrmals benutzt.
7. 16. April.	Kaninchenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Katzenserum aus verdünntem Blute. Tags zuvor durch Zentrifugieren gewonnen.	Pulse werden sofort sehr kräftig, frequent, regelmässig; anfangs alternierend, später nicht mehr. halten sich auf gleicher Höhe.	38° C.	80 mm Hg.	5	

No. u. Datum d. Versuchs.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. Serum.	Art des Serum.	Wirkung des Serum.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
7. 16. April.	Kaninchenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Katzenserum aus verdünntem Blute. Tags zuvor durch Zentrifugieren gewonnen.	Kräftige regelmässig. Ausschläge sofort bei Eintritt d. Serum ansteigend; gegen Ende klein und langsam.	35° C.	80 mm Hg.	15 Min.	
8. 26. April	Katzenherz	0,8% NaCl-Lösung	Stillstand	Katzenserum aus dem verdünnten Blute zweier Katzen am Tage vorher durch Zentrifug. gewonnen schwach rötlich.	Pulsationen beginnen sof. u. werden schnell ansteig. kräftig, wenn auch nicht so frequent wie mit Blut. Allmähl. nehmen sie an Grösse ab, so dass sie etwa nach 30 Min. halb so hoch sind, wie am Anfang; nach ca. 30 Min. kommt d. erst. Gruppe, einzelne kräftige, sehr langsame Pulse; nach 35 Min. zweite Gruppe nach je 80 Sek. die 3., 4., 5., 6. Grup. Späterhin folg. sie unregelm.	38° C. 36° C. 34° C. 36° C.	100 mm Hg.	63 Min.	Dasselbe Serum wird stets aufs Neuebenutzt.

No. u. Datum d. Versuch.	Art des Versuchsherzens	Art der vorhergegang. Speisungsflüssigkeit.	Art d. Herzthätigkeit vor Eintritt des Serum	Art des Serum	Wirkung des Serum	Temperatur	Druck	Gesamtdauer der Durchströmung	Bemerkungen
9. 27. April	Katzenherz	0.8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Katzenserum vom Tage vorher bereitet; schwach rötlich.	Sofort fängt das Herz kräftig u. regelmässig zu schlagen an. Puls alternierend. Als zum zweiten Male zum Zugiess. abgestellt war, wurde der Puls unregelmässig aber mit kräftig. Ausschlägen.	39.6 C.	110 mm Hg.	16 Min.	Serum wird immer wied. benutzt.
Ders. Vers.	—	—	—	—	Augenblickl. schlägt das Herz sehr kräftig und frequent. Puls wird dann nach kurz. Unregelmässigkeit kleiner, hält sich aber dauernd auf derselb. Höhe und ist regelmässig.	40° C. 39° C.	—	10 Min.	—
Ders. Vers.	—	—	—	—	Die Herzthätigkeit setzt sofort wieder ein, ist anfangs kräftiger, bleibt aber im weiteren Verlaufe schwächlich trotz stark. Strömens.	39° C.	—	4 Min.	—

No. u. Datum d. Versuchs.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. Serum.	Art des Serum.	Wirkung des Serum.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
10. 30. April	Altes Katzenherz	0,8 % NaCl.-Lösung	Stillstand	Spontan ausgepresstes, unverdünntes Serum v. einem am Tage vorher geschlachteten Pferde, 1 Std. lg. zentrifugiert v. rötlich gelber Farbe, deutliche Oxyhämoglobinstreifen; Farbe in 5 mm dicker Schicht bernsteingelb.	Sofort setzen kräftige u. frequente Pulsationen ein, die bei genügend starkem Durchfluss sich nur sehr allmählich verkleinern und nach ca. 20 Min. noch ungefähr die halbe Grösse der ersten Ausschläge erreichen	40° C. 39° C. 35,5° C	100 mm Hg.	22 Min.	Das gebrauchte Serum wurde nicht wiederbenutzt. Durchfluss 21 ccm in der Minute.
11. 30. April	Kaninch.-herz (perikarditisch erkrankt)	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Das im vorstehenden Versuche benutzte Pferdeserum.	Herz schlägt sofort. Die Kontraktionen sind nicht sehr kräftig, aber deutlich und regelmässig.	35° C.	80 mm Hg.	11 Min.	
11. 30. April	—	—	—	—	Herzthätigkeit setzt augenblicklich wieder ein. Pulse sind schwach, aber regelmässig.	—	—	7 Min.	

Nr. u. Datum d. Versuches.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit vor Eintr. d. Serum.	Art des Serum.	Wirkung des Serum.	Temper.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
12. 2. Mai	Katzenherz	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Serum vom Pferd, drei Tage alt, schwach rötlich, unverdünnt.	Sofort beim Eintritt des Serum setzen sehr kräftige Pulsationen ein, die nur sehr allmählich kleiner werden. Nach Herabsetzung des Durchflusses von 66 ccm i. d. M. auf 19 ccm i. d. M. sofort. auffallende Verlangsamung der Herzthätigkeit.	37° C. 38° C. 37° C.	100 mm Hg.	45 Min.	Zum kräftig. Schlagen ist mögl. reichliche Durchströmung erforderlich. Durchfl. 22,5 ccm i. d. Min., spät.: 86 ccm i. d. Min.
14. 8. Mai	Katzenherz	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Serum vom Pferde, unverdünnt, von schwach rötlicher Färbung.	Herzaktion wird sofort sehr lebhaft.	38,7°C. 34° C.	110 mm Hg.	11 Min.	
Ders. Vers.	—	—	—	—	Augenblicklich sehr kräftiger und frequenter Puls.	35° C.	—	5 Min.	Durchfluss Maximal 80 ccm in der Min.
—	—	—	—	—	—	—	—	4 Min.	Der link. Ventrik. ist schon grösstenteils starr, d. recht. schlägt n. gut.

No. u. Datum d. Versuches.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit vor Eintr. d. Serum.	Art des Serum.	Wirkung des Serum.	Temper.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
15. 9. Mai.	Katzenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Serum vom Pferde wird mit dem gleichen Vol. 0,8% Kochsalzlösung verdünnt, nachdem es am Tage vorher schon zur Durchströmung benutzt war.	Herz fängt sofort gut zu schlagen an, sobald der Strom verstärkt wird, vergrössern sich die Ausschläge.	37° C. 32° C. 30° C.	100 mm Hg.	19 Min.	Durchfluss: 66 ccm in der Minute.
Ders. Vers.	—	Modifiz. Ringersche Flüssigk.	Stillstand	—	Anfangs nichts, später geringste Ausschläge.	35° C.	—	5 Min.	—
16. 11. Mai.	Katzenherz (schlecht)	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Pferdeserum vom vorvorigen Tage (noch nicht benutzt), mit dem gleichen Vol. Kochsalzlösung verdünnt.	Herz schlägt sofort kräftig. Puls wird aber kleiner; besonders infolge des Abstellens macht sich eine erhebliche Verschlechterung d. Herzaktion geltend. Schliesslich wird der Puls sehr elend und hört dann bald ganz auf.	39° C. 37,5° C	100 mm Hg.	20 Min.	—

Ringersche Flüssigkeit (0,8 % NaCl.)

Nr. u. Datum d. Versuchs	Art des Versuchs-herzens	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. R'schen Flüssigk.	Wirkung der R.'schen Flüssigkeit	Temperatur	Druck	Gesamtdauer der Durchströmung	Bemerkungen
1 25. März	Katzenherz	Blut (derselb. Katze verdünnt)	kräftig und frequent	Puls wird sofort kleiner	36° C.	95 mm Hg.	2 Min.	Indigokarmin als Sauerstoffträger zugefügt.
Derselbe Versuch	—	—	—	Herzthätigkeit wird sofort schwächer – Pulsalternierend	36,5° C.	—	3 Min.	—
Derselbe Versuch	—	—	—	Ausschläge werden langsam kleiner. Puls anfangs alternierend, später gleichmässig	35° C.	—	30 Min.	Mikroskop. Untersuchung der nach 20 Min. ausgetriebenen Speiseflüssigkeit ergiebt 2—3 rote Blutk. in einem Gesichtsfelde.
2 26. März	Katzenherz	Blut	kräftig	Die Herzthätigkeit nimmt allmählich ab. Gegen Ende noch schwache aber regelm. Kontraktionen der Vorhöfe und des rechten Ventrikels. Der linke Ventrikel steht.	32° C.	115 mm Hg.	8 Min.	

Nr. u. Datum d. Versuches.	Art des Versuchsherzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. R'schen Flüssigk.	Wirkung der R.schen Flüssigkeit.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
3 28. März.	Katzenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Herz wogt Vorhöfe schlagen kräftig.	Ventrikel wogen weiter, Vorhöfe schlagen kräftig und frequent, werden aber in kurzer Zeit schwächer, schlagen nach 4 Min. noch frequent u. steh. nach 6 Min. vollständ.	38,5° C.	100 mm Hg.	15 Min.	Ringer ohne Zusatz.
Derselbe Versuch.	Katzenherz.	Blut.	Beid. Ventrik. wog., der rechte Vorhof schlägt deutlich. L. Herzohr steht ebenfalls.	Rechter Vorhof wogt auch. (Methylenblau wird reduziert.)				Methylenblaufärbung (um Sauerstoff zuzuführen.)
4 29. März.	Katzenherz.	Blut.	Herz schlägt sehr kräftig.	Puls wird einen Augenblick frequenter und grösser, dann langsam u. sehr schnell klein.	32° C.	110 mm Hg.	3 Min.	Methylenblaufärbung (um Sauerstoff zuzuführen).
15 9. Mai.	Katzenherz.	Blut.	Sehr klein und unregelmässig.	Anfangs etwas frequenter und etwas kräftigerer Puls, der nach 4 Min. sehr klein und unregelmässig wird.	37° C.	100 mm Hg.	7 Min.	Anstatt $NaHCO_3$ ist in derselben Quantität Na_2CO_3 eingesetzt worden

No. u. Datum d. Versuches.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Speis.-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. R.'schen Flüssigk.	Wirkung der R.'schen Flüssigkeit.	Temper.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
17. 16. Mai.	Katzenherz	0,8 % NaCl-Lösung.	Stillstand	Sehr kräftige Pulsation. — Plötzlich mitten im kräftigen Schlagen 63 Sek. Stillstand. — Augenblickliches Wiedereinsetzen in derselben Stärke, wie früher darauf 34 Sek. Stillstand. — Kräftiger Puls. — 25 Sek. Stillstand dann gleichmässig kräftiger Puls, der gegen Ende der Durchströmung sich sehr langsam verkleinert.	34° C. 31° C. 34° C.	100 mm Hg.	49 Min.	Eiweiss im Abfluss nicht vorhanden.
18. 17. Mai.	Katzenherz.	0,8 % NaCl-Lösung.	Stillstand	Anfangs ist der Puls klein und sehr frequent, dann plötzlich, sobald Ringer klar fliesst, ziemlich kräftig und sehr frequent. Nach 20 Min. Stillstand. Massage, darauf frequenter aber sehr kleiner Puls.	34° C.	100 mm Hg.	26 Min.	

No. u. Datum d. Versuchs.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorherge-gangenen Versuchs-Flüssigk.	Art der Herz-thätigk. v Eintritt d. Vers.-Fl.	Wirkung der R.'schen Flüssigkeit.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durch-strömung.	Bemerkungen.
19. 21. Mai	Katzen-herz	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Puls, anfangs langsam, wird fortwährend schneller und grösser; nach ca. 15 Minuten beginnt er ganz allmählich kleiner zu werden. Nach 25 Minuten schlägt das Herz nur noch schwach und langsam.	32° C. 35° C.	100 mm Hg.	29 Min.	Durchfluss 70 ccm in der Minute. Eiweissprobe nach 20 Min. mit dem Abfluss: Biurel negativ. Auf Zusatz von HNO_3 keine Trübung. Erhitzen und Ammoniakzusetzen: schwach gelblicher Schimmer in dicker Schicht.
10. 24. Mai	Katzen-herz	-	Herz schlägt	Puls anfangs frequent u. nicht gross. Bei 140 mm Hg. Druck u. 36,5° C. (nach ca. 15 Min. Durchströmung) sind die Ausschläge a. kräftigsten. Sobald einm. abgestellt wurde, wird d. Puls klein u. unregelmässig.	35° C. 36° C. 31° C.	100 mm 140 mm sp. 100 mm Hg.	33 Min.	Durchfluss 66 ccm in der Minute.
21. 25. Mai	Katzen-herz	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Linker Ventrikel steht, nur der rechte Ventrikel u. die Vorhöfe schlagen. Nach 25 Min. schlägt d. rechte Ventr. schwach aber regelmässig, desgl. d. Vorhöfe.	41,2° C 43° C.	100 mm Hg.	27 Min.	Durchfluss: Anfangs 38 ccm in der Minute, später 45 ccm in der Minute.

No. u. Datum d. Versuches.	Art des Versuchs-herzens.	Art der vorhergegangenen Versuchs-Flüssigk.	Art der Herzthätigkeit v. Eintritt d. R'schen Flüssigk.	Wirkung der R.'schen Flüssigkeit.	Temper.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
22. 6. Juni.	Katzenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Puls anfangs klein und unregelmässig, setzt stellenweise ganz aus, (vielleicht durch zu heisse NaCl-Ausspülung) erholt sich aber mit Ringer zusehends.	35° C. 34° C.	100 mm Hg, später 160 mm Hg.	20 Min.	Der Durchfluss ist schlecht (Embolie?).
23. 13. Juni.	Katzenherz.	0,8% NaCl-Lösung.	Stillstand	Sofort beginnt das Herz zu schlagen, die Pulse werden fortdauernd kräftiger.	35,5°C.	100 mm Hg.	30 Min.	Die R.'sche Flüssigkeit ist hier zum 1. Male mit chemisch rein. Salzen hergestellt. Durchfluss 90 ccm, 80 ccm, 100 ccm in der Minute.

Lackfarbenes Blut.

No. u. Datum d. Versuches.	Art des Herzens.	Art der vorhergegangenen Versuchs-Flüssigk.	Art der Herzthätigk. vor Eintritt des lackfarb. Blutes.	Wirkung des lackfarb. Blutes.	Temper.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
13. 3. Mai	Katzenherz	0,8 % NaCl-Lösung	Stillstand	Nach wenigen unregelmässigen Schlägen wogt das Herz.	34,5°C.	100 mm Hg.	—	
25. 20. Juni	—	—	—	Herzthätigkeit beginnt sofort wieder, wird kräftig und frequent, verlangsamt sich nach ca. 10 Minuten.	32° C.	100 mm Hg.	12 Min.	
Ders. Vers.	—	—	klein u. frequent	Sofort kräftige, schnelle Pulsationen, die aber allmählich klein und langsam werden.	34° C.	—	10 Min.	
26. 21. Juni	—	—	Stillstand	Augenblicklich sehr kräftige und frequente Pulse, die nach 3 Minuten geringer werden, dann 10 Minuten auf derselben Höhe bleiben, schliesslich wieder kräftiger und frequenter werden.	34° C. 37,5°C.	100 mm Hg.	26 Min.	
Ders. Vers.	—	—	—	Herzthätigkeit hebt sich sofort, bleibt aber doch schwach.	29° C.	—	8 Min.	

No. u. Datum d. Versuchs.	Art des Herzens.	Art der vorhergegangenen Versuchs-Flüssigk.	Art der Herzthätigk. vor Eintritt des lackfarb. Blutes.	Wirkung des lackfarbenen Blutes.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
28. 30. Juni	Katzenherz	0,8 % Kochsalzlösung	Stillstand	Sofort sehr kräftige Pulsationen, die sich längere Zeit ziemlich gleichmässig erhalten, gegen Schluss der Durchströmung kleiner werden mit alternierenden Charakter.	37° C. 25° C.	100 mm Hg.	34 Min.	
Ders. Vers.	—	—	—	Erst sehr kleiner, langsamer, unregelmässiger Puls, der später etwas kräftiger wird mit stark alternierendem Typus.	29,5°C.	160 mm Hg.	5 Min.	

Entgastes Blut.

Nr. u. Datum d. Versuchs.	Art des Herzens.	Art der vorhergegangenen Flüssigkeit.	Art der Herzthätigk. vor Eintr. des entgasten Blutes.	Wirkung des entgasten Blutes.	Temperatur.	Druck.	Gesamtdauer der Durchströmung.	Bemerkungen.
24. 17. Juni.	Katzenherz.	0,8 % NaCl-Lösung.	Herz schlägt noch schwach.	Das Herz kontrahiert sich weit kräftiger, als mit Blut, 44 Kontraktionen in der Minute.	25° C.!		19 Min.	
27. 24. Juni.	Katzenherz.	0,8 % NaCl-Lösung (entgast).	Herz schlägt noch schwach.	Herzthätigkeit wird sofort kräftiger; Puls ist von kaum mittlerer Grösse, aber langsam.	28° C. 35° C.		13 Min.	
Derselbe Versuch.	„	„	Fast Stillstand.	Herz fängt wieder an zu schlagen, Pulse werden zum Schluss etwas grösser und frequenter, sind aber doch sehr schwach.	35° C.		5 Min.	

Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Johannes Heinrich Friedrich Rusch, katholischer Konfession, am 31. Juli 1866 zu Osnabrück als Sohn des Fabrikanten Carl Gerhard Rusch und seiner Ehefrau Katharina Maria, geb. Nülle. Meinen Elementarunterricht genoss ich in der Marienschule meiner Vaterstadt, und besuchte dann das dortige Gymnasium Carolinum, das ich Ostern 1887 mit dem Zeugnis der Reife verliess, um in Bonn und München Medizin zu studieren. Die Verhältnisse veranlassten mich jedoch nach kaum zwei Jahren das Studium aufzugeben und Journalist zu werden. Als Zeitungskorrespondent machte ich zunächst grössere Reisen und lebte dann in Frankfurt a/Main. Am 4. Juli 1896 verheiratete ich mich mit Ida, Tochter des Bergrats Dr. phil. J. Brade und nahm im W.-S. 1896/97 in Zürich das Studium der Medizin wieder auf. Siedelte jedoch im folgenden Semester nach Rostock über, wo ich mich am 30. Juli 1897 dem Tentamen physicum mit Erfolg unterzog. Am 2. August 1898 bestand ich vor der hohen medizinischen Fakultät zu Greifswald das Examen rigorosum. Allen meinen Lehrern sage ich an dieser Stelle meinen aufrichtigsten Dank.

Thesen.

I.

Kindern darf unter keinen Umständen Alkohol gegeben werden, — auch nicht als Medizin.

II.

So lange kein zuverlässiges Spezifikum gegen die Lungentuberkulose gefunden ist, soll man von einer medikamentösen Behandlung derselben überhaupt absehen. Frische Luft, kräftigste Ernährung, Schonung und gute Pflege sind die besten Heilfaktoren.

III.

Zur Hebung des Arbeiterwohlstandes sind nicht sowohl stetige Lohnerhöhungen erforderlich, als vielmehr die Heranbildung künftiger Arbeiterfrauen zu tüchtigen und wirtschaftlichen Hausfrauen. Zu diesem Zwecke sind den Schülerinnen der oberen Volksschulklassen durch geeignete Lehrkräfte nicht nur die Grundsätze einer praktischen und sparsamen Wirtschaftsführung beizubringen, sondern die Schülerinnen müssen auch bis zu ihrer Entlassung soweit im Kochen unterwiesen sein, dass sie ein einfaches, schmackhaftes Mittagsmahl selbständig bereiten können. Deshalb ist mit jeder Volksschule für Mädchen eine Volksküche zu verbinden.